Design of Axially Loaded Short Columns.

نسألكم الدعاء

IF you download the Free ***APP.*** **RC Structures** YASSER EL LEATHY *on your smart phone or tablet, you will be able to play illustrative movies For any paragraph that has a QR code icon*

اذا حملت تطبيق **RC Structures** YASSER EL LEATHY على تليفونك المحمول او اللوح السطحى ستستطيع أن تشغل أفلام شرح للمقاطع التى تحتوى على رمز

Design of Short Columns. Table of Contents.

Introduction. ---------------------------- *Page 2*

Types of Columns. ------------------------ *Page 4*

Details of Reinforcement of Columns. ------- *Page 6*

Stirrups of Columns. ---------------------- *Page 9*

Design of Axially Loaded Short Column. ---- *Page 13*

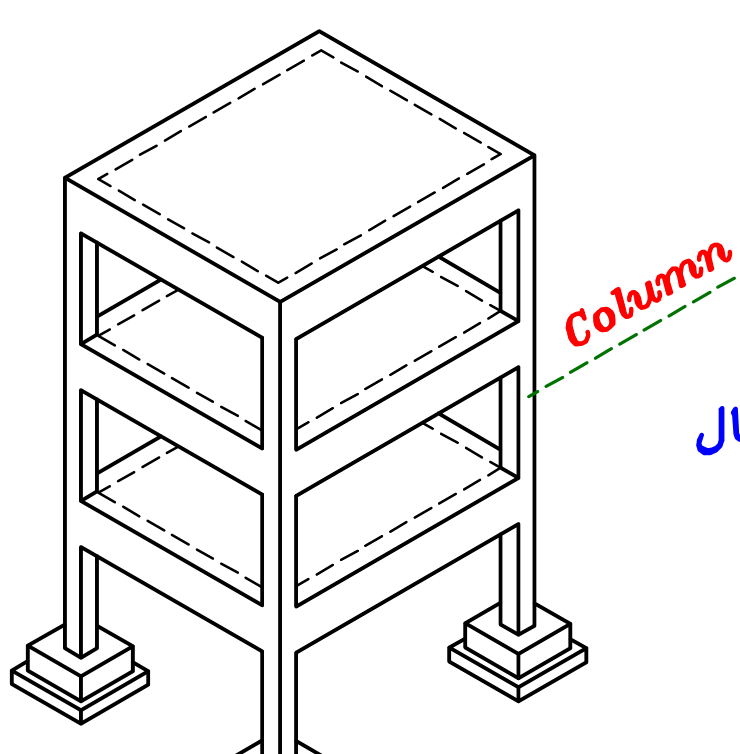
Ultimate Load of column. ------------------ *Page 29*

Reducing Columns dimensions. -------------- *Page 33*

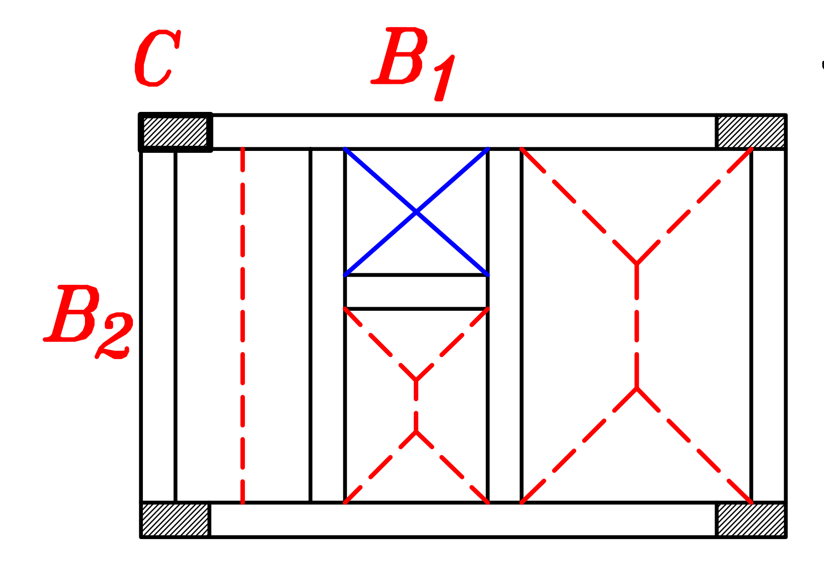
Circular & Spiral Columns. ---------------- *Page 42*

Introduction.





الاعمده هى عناصر رأسيه لنقل الاحمال
من البلاطات و الكمرات الى القواعد



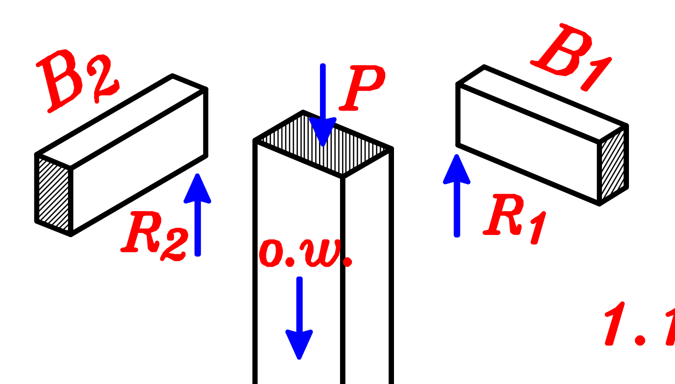
لتحديد الاحمال الرأسيه على العمود

$$P = 1.1 (R_1 + R_2) * n$$

حيث :

P هى الحمل الرأسى الكلى على العمود

(R_1+R_2) هى مجموع Reactions
الكمرات الواقعه على العمود فى الدور الواحد



n هى عدد الادوار التى يحملها العمود

نعتبر وزن العمود نفسه يساوى تقريبا ١٠ ٪
من مجموع الاوزان الواقعه عليه لذا يتم ضرب القيمه فى 1.1

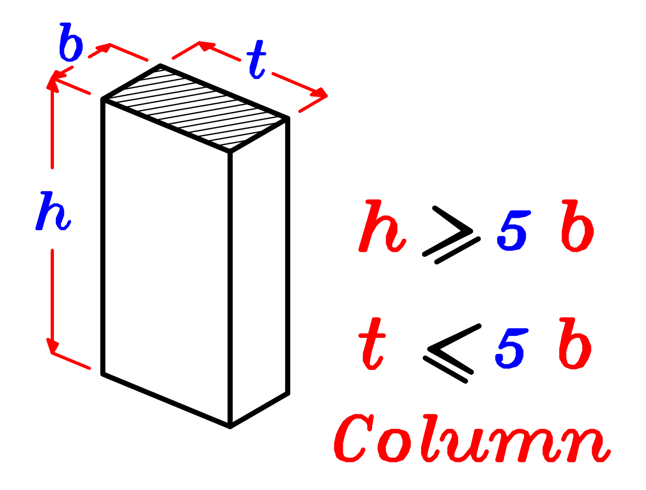
Axially Loaded column is a member subjected to axial Force only or subjected to M, P but the eccentricity (e) is very small

in axially Loaded columns $e_{max} < \begin{cases} 0.05\ t \\ 25\ \text{mm} \end{cases}$

Difference between Column & R.C. Walls.

Egyptian Code.

$h \geqslant 5\ b$ and $t \leqslant 5\ b$ } Column



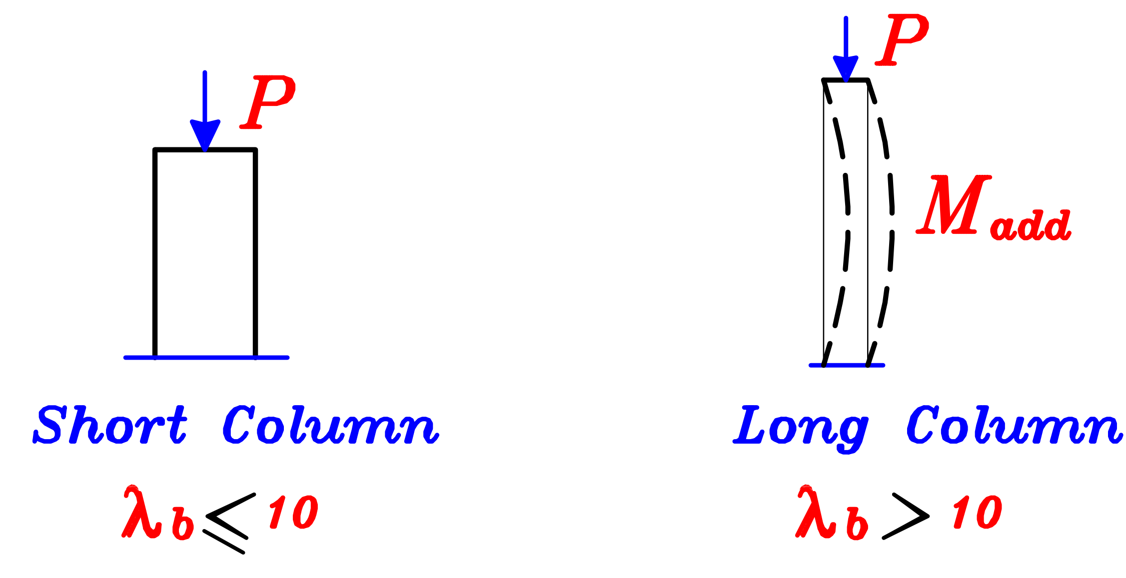
IF

$h < 5\ b$ OR $t > 5\ b$ } R.C. Wall

b
t
h
$h < 5\ b$
R.C. Wall

b
t
h
$t > 5\ b$
R.C. Wall

Types of Columns.



Short Column

$\lambda_b \leqslant 10$

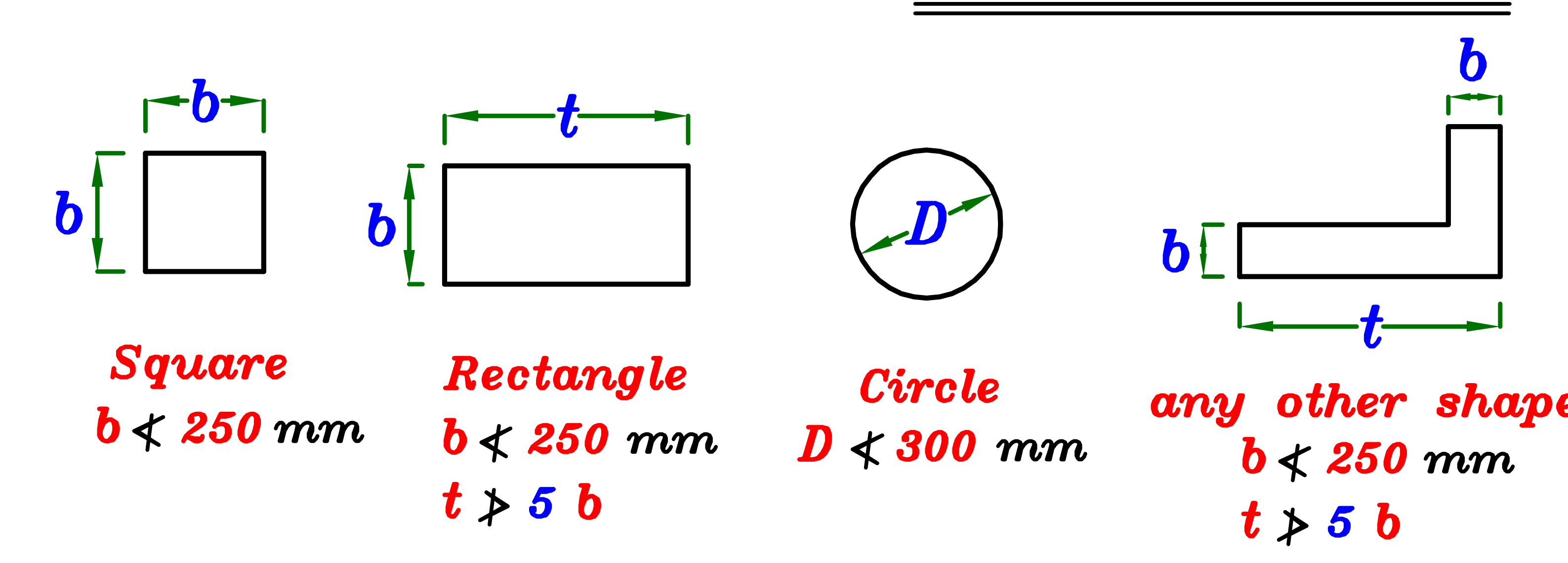
Long Column

$\lambda_b > 10$

سيتم تحديد قيمه λ_b فى درس ال **Long Columns**

For Unbraced Column. IF $\lambda_b \leqslant 10$	The column will be Axially Loaded Short Column.
For Braced Column. IF $\lambda_b \leqslant 15$	

أشكال قطاعات الأعمده .



Square
$b \nless 250\ mm$

Rectangle
$b \nless 250\ mm$
$t \ngtr 5\ b$

Circle
$D \nless 300\ mm$

any other shape
$b \nless 250\ mm$
$t \ngtr 5\ b$

- أقل بُعد خرسانى فى العمود =٢٠٠ مم (مربع أو مستطيل) و يفضل أن لا يقل عن ٢٥٠ مم .
- أقل قطر للأعمده الدائرية = ٢٠٠ مم و يفضل أن لا يقل عن ٣٠٠ مم .
- يجب أن لا يزيد البعد الأكبر فى العمود عن خمس مرات البعد الأصغر $t \ngtr 5\ b$ و إلا تحول العمود إلى حائط خرسانى .



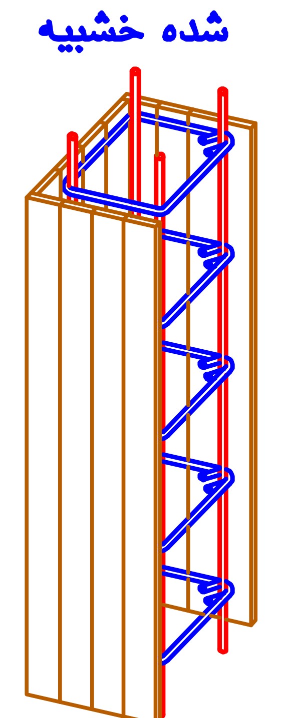
تنفيذ الشده و صب الاعمده .

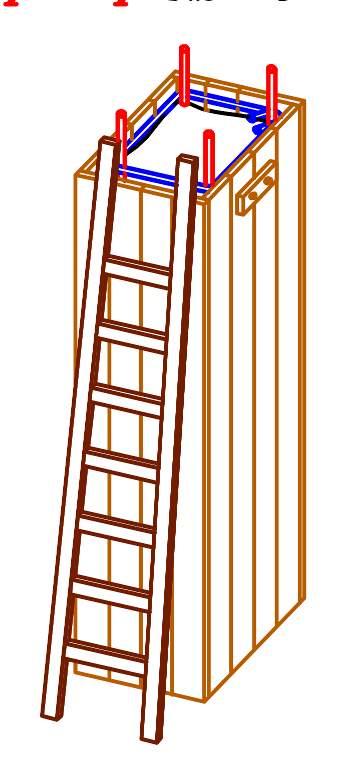
١- الاعمده المربعه او المستطيله .

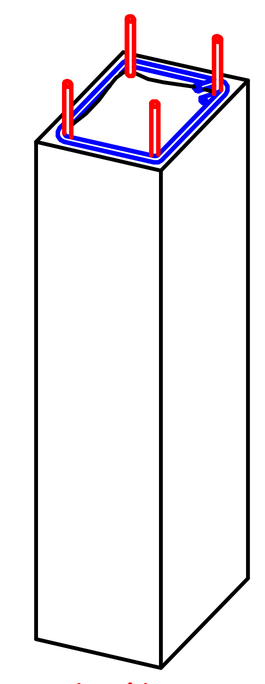
ممكن عمل شده خشبيه او شده معدنيه

ممكن صب الخرسانه بالاصعه او عن طريق ***pump***

شده خشبيه





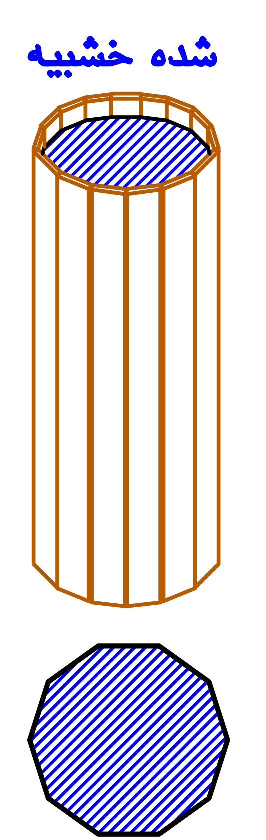


٢- الاعمده الدائريه .

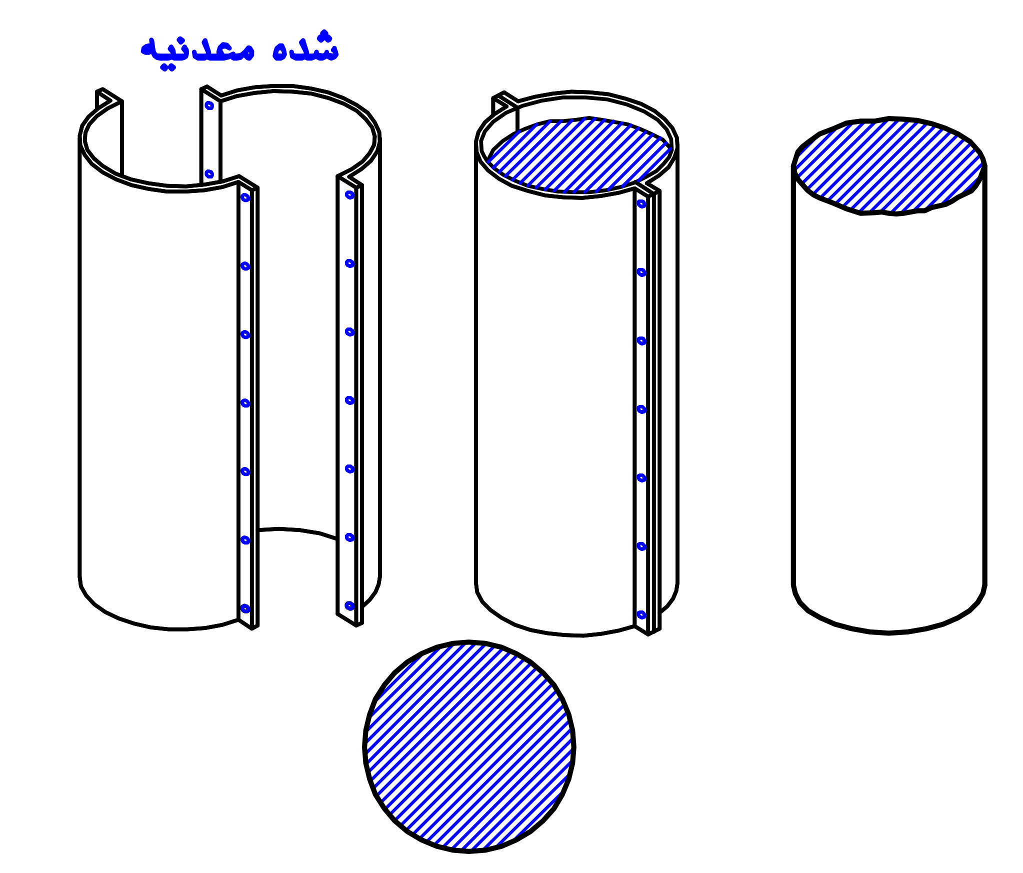
ممكن عمل شده خشبيه او شده معدنيه

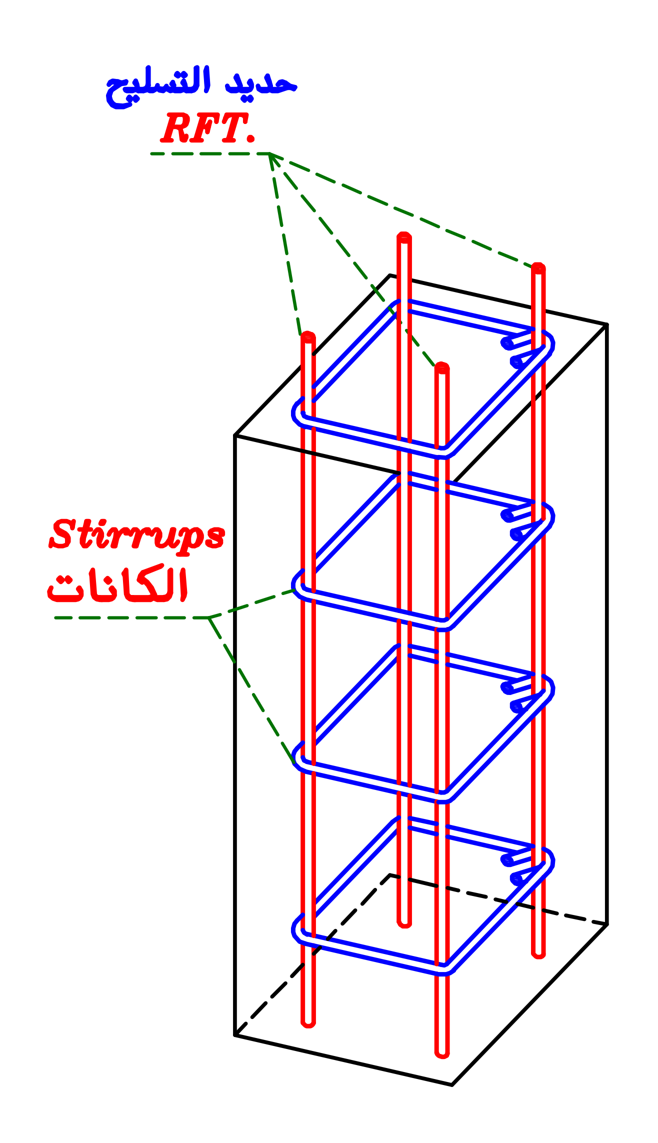
ممكن صب الخرسانه بالاصعه او عن طريق ***pump***

شده خشبيه



شده معدنيه





فائده الحديد الرأسى فى الأعمده :

١ ـ تتحمل جزء من الحمل الرأسى .

٢ ـ تقاوم العزوم الناتجه عن الإنبعاج Buckling.

٣ ـ تقاوم العزوم الناتجه عن الرياح أو الزلازل .

٤ ـ تقاوم الإجهادات الناتجه عن الإنكماش .

٥ ـ تعمل على تقليل مساحه القطاع .

٦ ـ تحمى أركان العمود من الكسر .

٧ ـ تعمل على زياده الممطولية للعمود.



- أقل نسبه تسليح فى الأعمده تساوى μ_{min}

$$\mu_{min} = \frac{A_{s\,min}}{A_{c\,(chosen)}} = 0.6\ \%$$

$$\mu_{min} = \frac{A_{s\,min}}{A_{c\,(required)}} = 0.8\ \%$$

حيث $A_{c\,(chosen)}$ هى مساحه قطاع العمود بعد تقريب ابعاده الى اقرب ٥٠ مم بالزياده

حيث $A_{c\,(required)}$ هى مساحه قطاع العمود بعد تقريب ابعاده الى اقرب ٥٠ مم بالزياده

$$A_{s\,min} = \begin{bmatrix} \frac{0.6}{100} * A_{c\,(chosen)} \\ \frac{0.8}{100} * A_{c\,(required)} \end{bmatrix} \text{ الاكبر}$$

عاده تؤخذ

$$A_{s\,min} = \frac{0.8}{100} * A_c$$

- أكبر نسبه تسليح فى الأعمده تساوى

$$\mu_{max} = \frac{A_{s\,max}}{A_c}$$

عمود وسطى — Interior col. $\mu_{max} = 4\,\%$

لان العزوم عليه صغيره جدا

عمود طرفى — Edge col. $\mu_{max} = 5\,\%$

لان العزوم عليه متوسطه

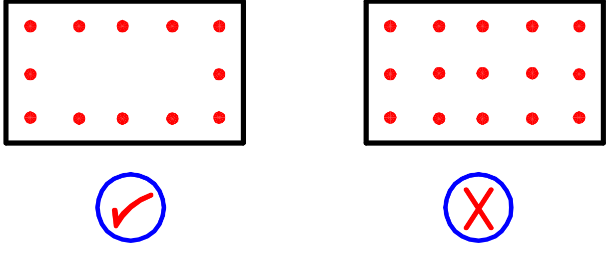
عمود ركنى — Corner col. $\mu_{max} = 6\,\%$

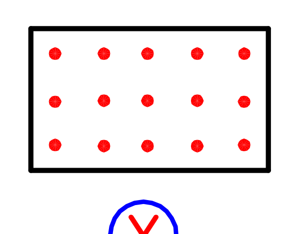
لان العزوم عليه كبيره

min ϕ = ϕ 12
max ϕ = ϕ 25



- أقل قطر للسيخ = ١٢ مم
- أكبر قطر للسيخ = ٢٥ مم

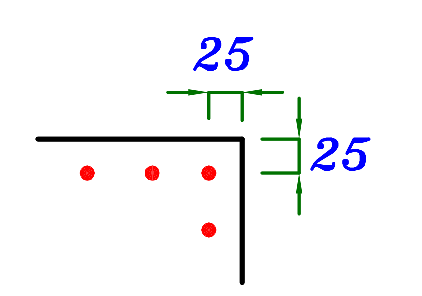




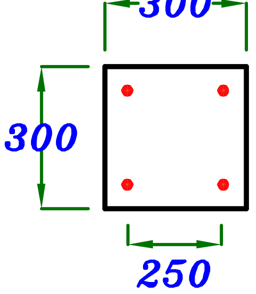
- أسياخ الحديد توجد فى المحيط الخارجى فقط .

S ≯ 250 mm
≮ 70 mm
S

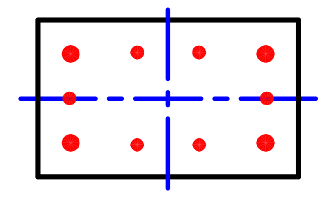
- أكبر مسافه بين سيخين متتاليين = ٢٥٠ مم .
حتى لا يحدث شروخ فى الخرسانه نتيجه الانكماش .
- أقل مسافه بين سيخين متتاليين = ٧٠ مم .
حتى لا يحدث تعشيش فى الخرسانه .



- يؤخذ الـ Cover للحديد من جميع الجهات ٢٥ مم .
و ليس ٥٠ مم مثل الكمرات لانه ليس مشرخ مثل الكمرات .



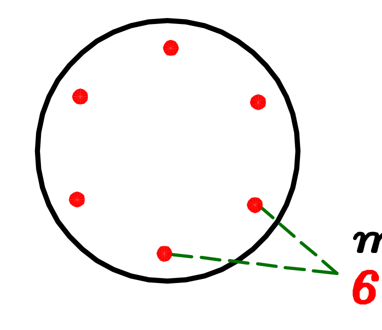
- أكبر قطاع لعمود بة ٤ أسياخ فقط (٣٠٠×٣٠٠).
- يجب وضع سيخ فى كل ركن من أركان العمود .
- ممكن إستخدام قطرين مختليفين فى العمود بشرط أن يكونا متتاليان فى الجدول 12,16,18,20,22,25



- يجب أن يكون عدد الأسياخ زوجى من كل قطر .



و أن تكون الأسياخ متماثله حول الـ C.G. .
و يفضل أن يكون القطر الأكبر فى الأركان .



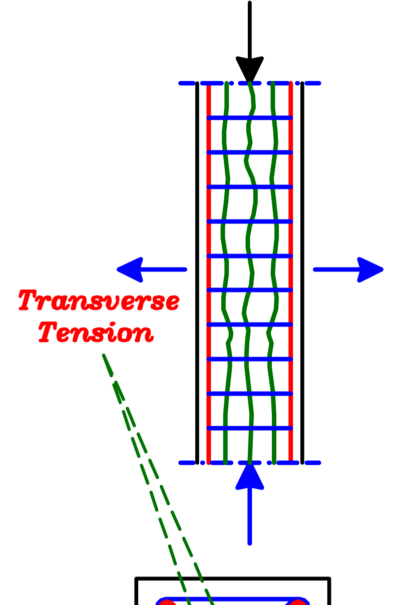
- أقل عدد أسياخ فى الأعمده الدائريه ٦ أسياخ.

Stirrups.



الكانات .

فائده الكانات الأفقيه فى الأعمده:



١- تعمل على حبس الخرسانه بداخلها Confiment of concrete
فتعمل على مقاومه الشد العرضى transverse tension
الناتج عن التحميل الرأسى للعمود .

٢- تمنع إنبعاج الاسياخ الطوليه .

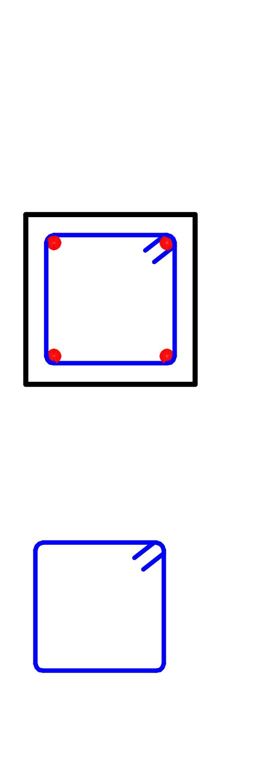
٣- تحافظ على شكل العمود و تمنع حركه الأسياخ الطوليه أثناء الصب.

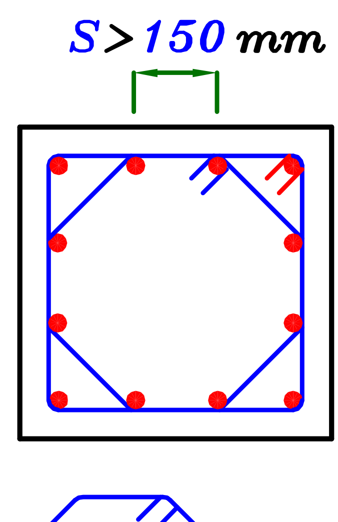
٤- تتحمل قوى القص الناتجه على الأعمده الناتجه عن الرياح و الزلازل .

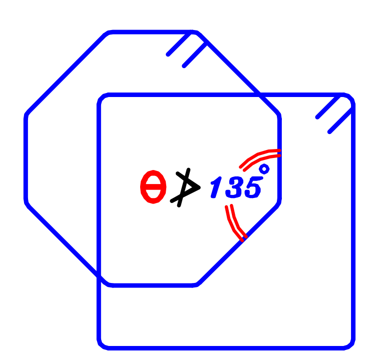
٥- تتحمل جزء من الحمل الرأسى فى الأعمده الحلزونيه Spiral Columns

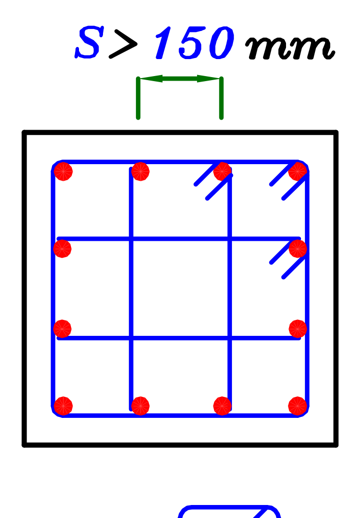
---

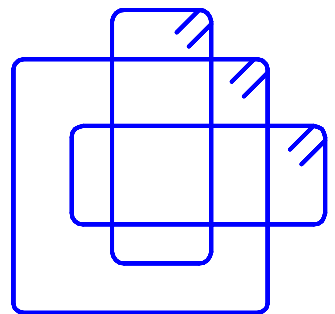
يجب أن لا تزيد المسافه بين كل فرع كانه و أخر (فى قطاع العمود) عن ٣٠٠ مم .
أى أنه يجب ربط كل سيخين متتاليين بكانه إذا كانت المسافه بينهم أكبر من ١٥٠ مم .
يجب أن لا تزيد زاويه الكانه عن ١٣٥° حتى نضمن عدم حركه الاسياخ الطوليه .











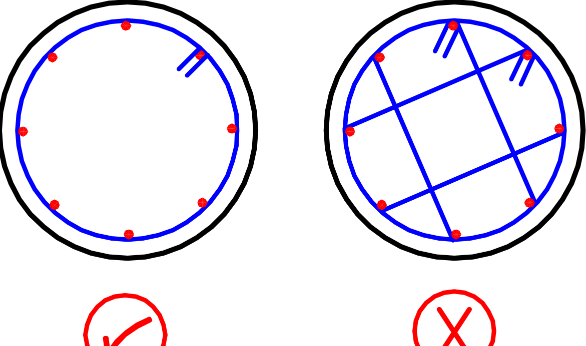
$S > 150\ mm$

$S > 150\ mm$

$S < 150\ mm$

$S < 150\ mm$

$S > 150\ mm$





فى الأعمده الدائريه .

لا توضع كانات داخليه مثل الأعمده المستطيله

و لكن نضع كانه واحده خارجيه فقط .

(ممكن وضع كانات داخليه فى الاعمده ذات الاقطار الكبيره) فى التنفيذ فقط .

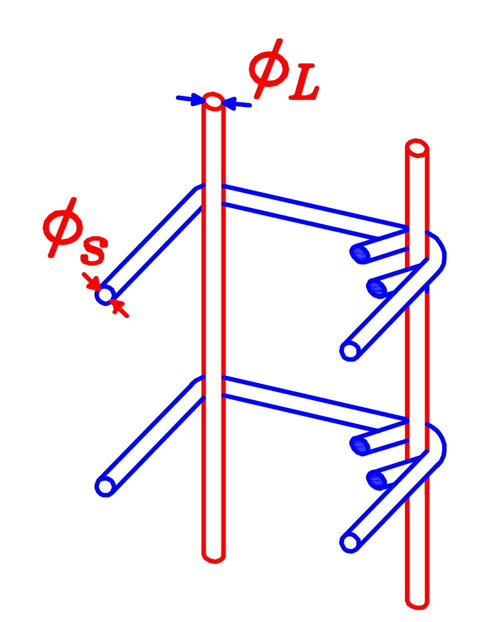
min. diameter of stirrups.

ϕ_s قطر سيخ الكانه

ϕ_L قطر سيخ التسليح الرئيسى

$$\phi_s = 8\ mm$$
$$= 0.25\ \phi_L$$
} الاكبر

Stirrups at Longitudinal direction.



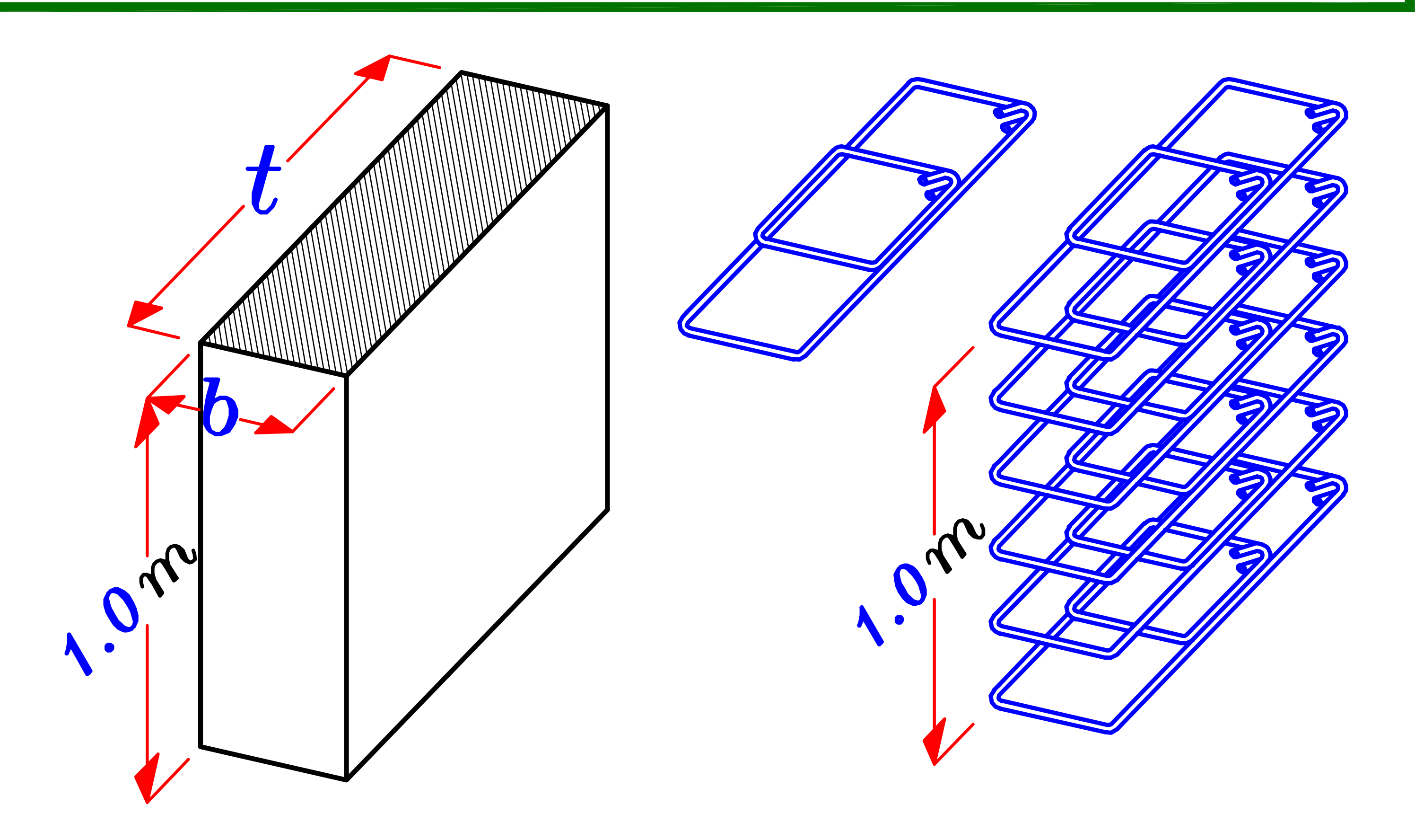
الكانات فى الإتجاه الطولى للأعمده .

S المسافه بين كل كانه و أخرى فى الاتجاه الطولى

$$S = 200\ mm$$
$$= 15\ \phi_L$$
} الاصغر

بعد حساب قيمه S يجب عمل Check

حجم الكانات فى المتر الطولى للعمود $\leqslant$ $\frac{٢٥٪}{١٠٠}$ × حجم الخرسانه فى المتر الطولى للعمود



حجم الكانات فى المتر الطولى للعمود =

مساحه سيخ الكانه × المحيط الكلى للكانات الداخليه و الخارجيه × عدد الكانات فى المتر الطولى

حجم الخرسانه فى المتر الطولى للعمود = $b * t * 1.0m$

Design of Axially Loaded Short Column

We have Two Methods of Design

① Limits States Design Method. (L.S.D.M.)

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

$P_{U.L.} = 1.4\,(D.L.) + 1.6\,(L.L.)$ = ✓ N

A_c = Area of Concrete = ✓ mm^2

A_s = Area of Steel = ✓ mm^2

F_{cu} = ✓ $N \backslash mm^2$

F_y = ✓ $N \backslash mm^2$

② Working Stress Design Method. (W.S.D.M.)

$$P_w = A_c\, F_{Co} + 0.44\, A_s\, F_y$$

$P_w = (D.L.) + (L.L.)$ = ✓ N

A_c = Area of Concrete = ✓ mm^2

A_s = Area of Steel = ✓ mm^2

F_{Co} = ✓ $N \backslash mm^2$

= Allowable stress For Concrete in compression

Code page (5–2)

F_y = ✓ $N \backslash mm^2$

جدول (٥-١) إجهادات التشغيل للخرسانة والصلب

أنواع الإجهادات	المصطلحات	إجهادات التشغيل وفقاً لرتب الخرسانة حسب مقاومتها المميزة للمكعب القياسي بعد ٢٨ يوماً (ن/مم٢)			
مقاومة الخرسانة المميزة (الرتبة)	f_{cu}	18	20	25	30
الضغط المحوري $(e=e_{min})$	f_{co}	4.5	5	6	7
الانحناء أو الضغط كبير اللامركزية	f_c	7.0	8.0	9.5	10.5
القص مقاومة الخرسانة للقص					
بدون تسليح في البلاطات والقواعد	q_c	0.7	0.8	0.9	0.9
بدون تسليح في الأعضاء الأخري	q_c	0.5	0.6	0.7	0.7
وجود تسليح جذعي في جميع الأعضاء (القص واللي معا)	q_2	1.5	1.7	1.9	2.1
القص الثاقب	q_{cp}	0.7	0.8	0.9	1.0
الصلب الفولاذ					
1-صلب طري 240/350	f_s	140	140	140	140
2- صلب 280/450		160	160	160	160
3-صلب 360/520		200	200	200	200
4-صلب 400/600		220	220	220	220
5-الشبك الملحوم 450/520 أملس		160	160	160	160
ذو النتوءات أو ذو العضات		220	220	220	220

Types of Problems.

Type ①

Given : $P_{D.L.}$, $P_{L.L.}$, F_{cu}, F_y

Req : Design The Sec. (Get A_c , A_s)

Solution :

* IF Design with L.S.D.M. use:

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

$$P_{U.L.} = 1.4\,(D.L.) + 1.6\,(L.L.) = \checkmark\ N$$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\ \% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\left(\frac{A_c}{100}\right) F_y \longrightarrow \text{Get } A_c = \checkmark\ mm^2$$

$$,\ \text{Get } A_s = \frac{A_c}{100} = \checkmark\ mm^2$$

---

* IF Design with W.S.D.M. use:

$$P_w = A_c\, F_{co} + 0.44\, A_s\, F_y$$

Get F_{co} Egyptian Code Page (5–2)

$$P_w = D.L. + L.L. = \checkmark\ N$$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\ \% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$$\therefore P_W = A_c\, F_{co} + 0.44\left(\frac{A_c}{100}\right) F_y \longrightarrow \text{Get } A_c = \checkmark\ mm^2$$

$$,\ \text{Get } A_s = \frac{A_c}{100} = \checkmark\ mm^2$$

- IF the column section is a square ($b*b$)

$A_c = b^2 \qquad \therefore\ b = \sqrt{A_c}$

b لا تقل عن ٢٥٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزياده .

- IF the column section is a rectangle ($b*t$)

$A_c = b*t$ Choose $b = 250\,mm \xrightarrow{Get} t = \frac{A_c}{b}$

t لا تقل عن ٢٥٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزياده.

يفضل أخذ b تساوى ٢٥٠ مم حتى يكون سُمك العمود هو نفس سُمك الحائط .

IF $t > 5b \longrightarrow$ Increase b (take $t = 5b$)

and then get $b*t = b*5b = A_c \xrightarrow{get} b = \sqrt{\ }\ mm$

$t = \frac{A_c}{b} = \sqrt{\ }\ mm$

- IF the column section is a circle.

$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{Get} D = \sqrt{\frac{4A_c}{\pi}}$

D لا تقل عن ٣٠٠ مم و تقرب لأقرب ٥٠ مم بالزياده.

Example.

Data. $F_{cu} = 25\ N\backslash mm^2$, st. 360/520

$P_{D.L.} = 2000\ kN \quad P_{L.L.} = 1150\ kN$

Req. Design a (Square , Rectangle , Circular & Hexagon) Section For the column.

Solution. $P_{U.L.} = 1.4\,(2000) + 1.6\,(1150) = 4640\ kN$

Take $\mu = \frac{A_s}{A_c} = 1.0\ \% \longrightarrow A_s = \frac{A_c}{100}$

$\therefore P_{U.L.} = 0.35\,A_c\,F_{cu} + 0.67\left(\frac{A_c}{100}\right)F_y$

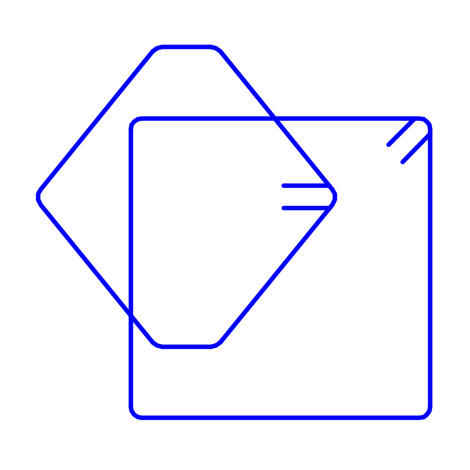
$4640 * 10^3 = 0.35\,(A_c)(25) + 0.67\left(\frac{A_c}{100}\right)(360)$

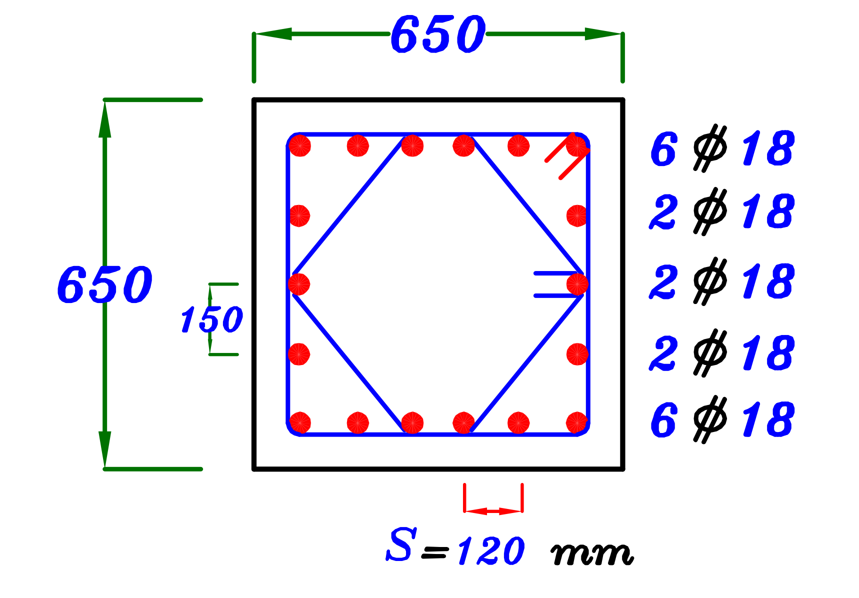
$\longrightarrow A_c = 415696.1\ mm^2 \longrightarrow A_s = \frac{415696.1}{100} = 4156.9\ mm^2$

18 ϕ 18

* For Square Section.

$b = \sqrt{A_c} = \sqrt{415696.1} = 644.7\ mm$ Take **b = 650 mm**





* For Rectangular Section.

$$A_c = 415696.1 \ mm^2$$

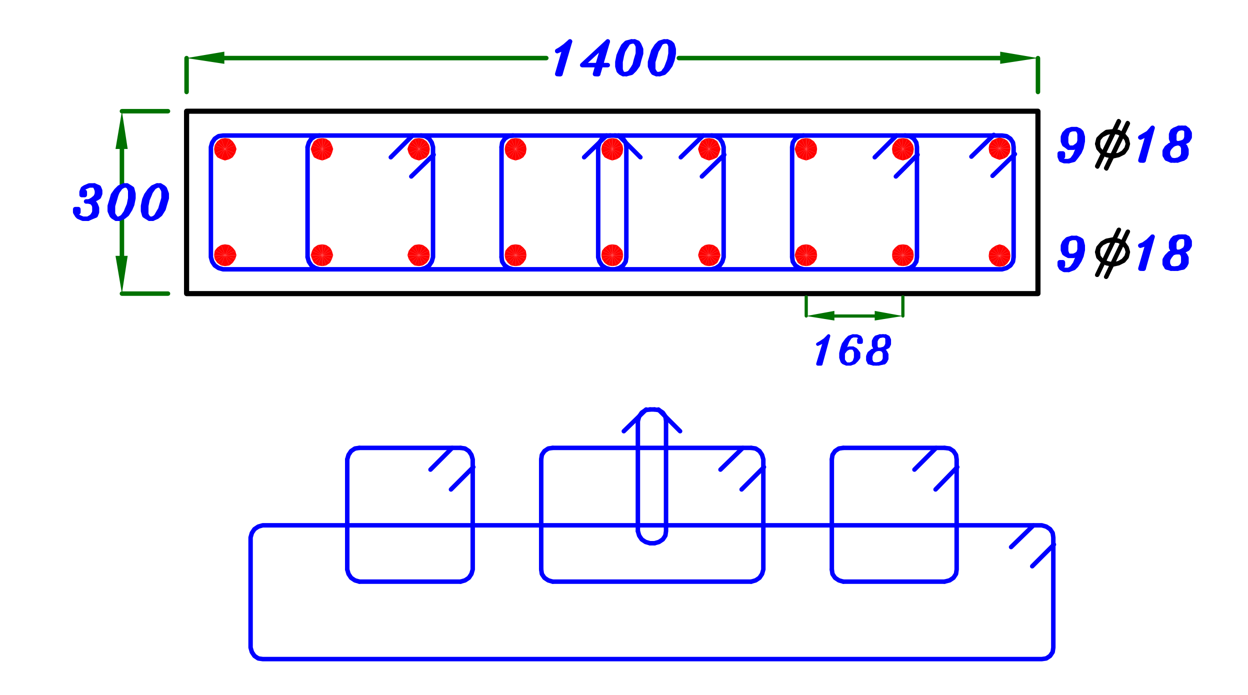
Take $b = 250 \ mm \longrightarrow t = \frac{A_c}{b} = \frac{415696.1}{250} = 1662.7 \ mm$

$t > 5b \longrightarrow$ Increase b (take $t = 5b$)

$$b * t = b * 5b = 415696.1 \xrightarrow{get} b = 288$$

take $\boxed{b = 300 \ mm}$

$$t = \frac{A_c}{b} = \frac{415696.1}{300} = 1385.6 \ mm \quad \boxed{t = 1400 \ mm}$$

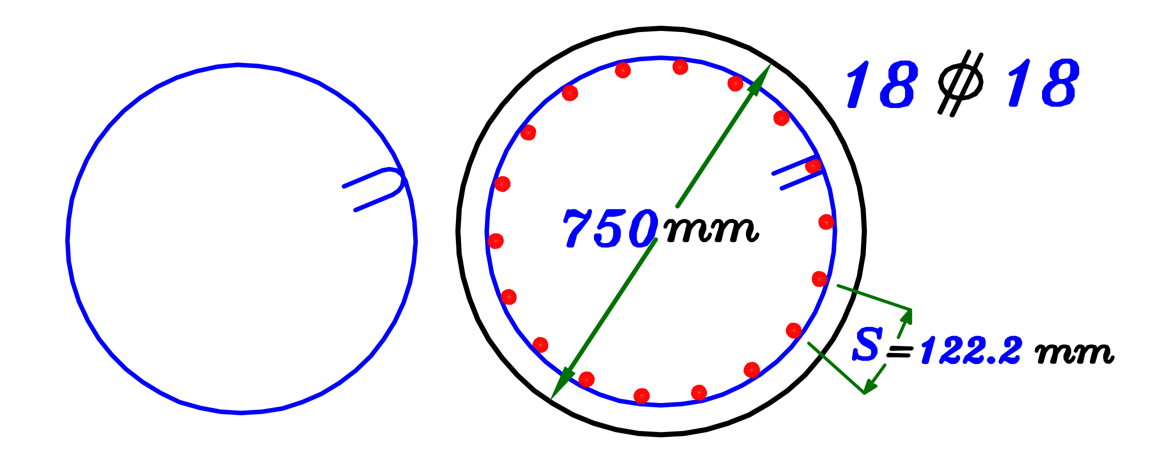


* For Circular Section.

$$A_c = 415696.1 \ mm^2$$

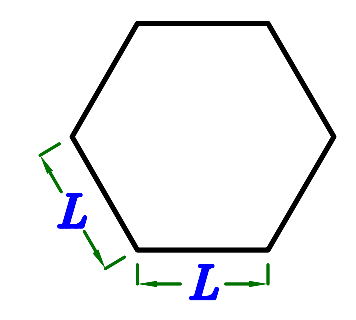
$$A_c = \frac{\pi D^2}{4} \xrightarrow{Get} D = \sqrt{\frac{4(415696.1)}{\pi}} = 727.5 \ mm$$

Take $D = 750 \ mm$

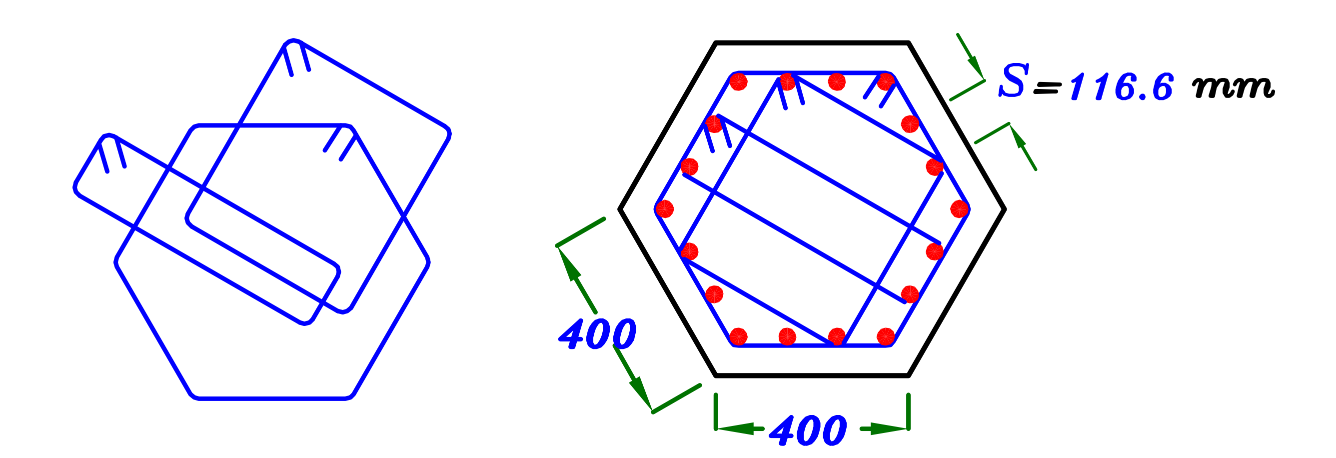


* For Hexagon Section.

$$\text{Area of hexagon} = 1.5 * \sqrt{3} * L^2$$



$$A_c = 415696.1 = 1.5 * \sqrt{3} * L^2 \longrightarrow L = 400 \ mm$$



Type ②

Given : $P_{D.L.}$, $P_{L.L.}$, F_{cu} , F_y , A_c

Req : Design The Sec. (Get A_s)

Solution :

$$P_{U.L.} = 1.4\,(D.L.) + 1.6\,(L.L.) = \checkmark \; N$$

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

$$\xrightarrow{\text{Get}} A_s = \checkmark \; mm^2 \quad \xrightarrow{\text{Get}} \mu = \frac{A_s}{A_c}$$

Check $\mu_{min} = 0.8\,\%\; A_c$ (required)

Check μ_{max} = 4 % Interior col.
5 % Edge col.
6 % Corner col.

IF $\mu < 0.8\,\%$ $\rightarrow$ $A_s = \frac{0.80}{100} * A_c$

IF $0.8\,\% < \mu < 4.0\,\%$ $\rightarrow$ $A_s = \checkmark$

IF $\mu > \mu_{max}$ $\rightarrow$ Increase Dimensions

IF $\mu > \mu_{max}$ ⟶ Increase Dimensions

IF $\mu > \mu_{max}$ $\xrightarrow{Take}$ $\mu = \mu_{max}$ $\xrightarrow{Get}$ $A_{c_{new}}$

$A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}}$

$P_{U.L.} = 0.35\ A_{c_{new}}\ F_{cu} + 0.67\ (\mu_{max} * A_{c_{new}})\ F_y$

$\xrightarrow{Get}$ $A_{c_{new}} = \checkmark\ mm^2$ $\xrightarrow{Get}$ $A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}} = \checkmark\ mm^2$

Example.

Data.

$F_{cu} = 25 \ N\backslash mm^2$, st. 360/520

$P_{D.L.} = 1500 \ kN$, $P_{L.L.} = 1000 \ kN$

Req.

Design an interior Column.

IF the column is (450 * 1100)
(450 * 700)
(450 * 400)

Solution. $P_{U.L.} = 1.4\,(1500) + 1.6\,(1000) = 3700 \ kN$

* **For Column. (450 * 1100)**

$A_c = 450 * 1100 = 495000 \ mm^2$

$\because P_{U.L.} = 0.35 \ A_c \ F_{cu} + 0.67 \ A_s \ F_y$

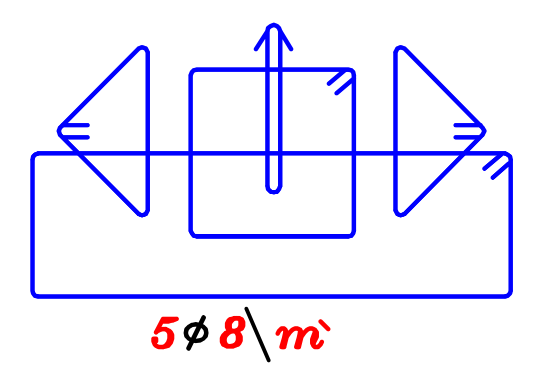
$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35\,(495000)\,(25) + 0.67 \ A_s \ (360)$

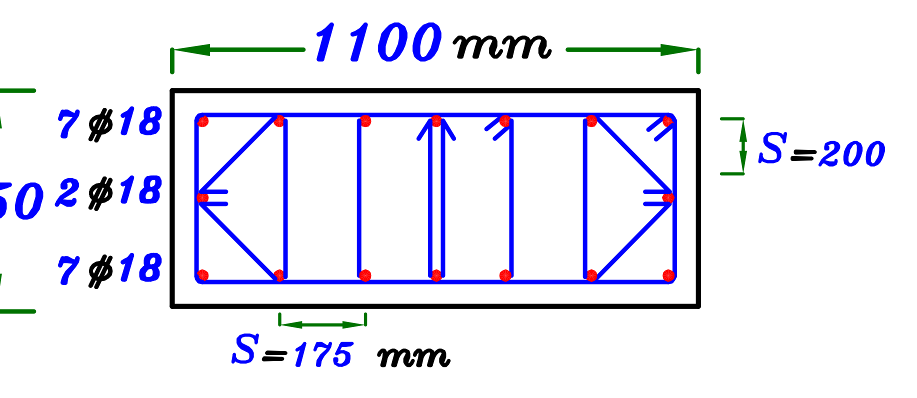
$\therefore A_s = -2617.1 \ mm^2$

$\therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{-2617.1}{495000} = -0.0052 = -0.52 \ \% < 0.6 \ \%$

$\therefore$ Take $\mu = 0.8 \ \% \longrightarrow A_s = \frac{0.8}{100} * 495000 = 3960 \ mm^2$

16 ϕ 18





* For Column. (450*700)

$A_c = 450 * 700 = 315000 \ mm^2$

$\because P_{U.L.} = 0.35 \ A_c \ F_{cu} + 0.67 \ A_s \ F_y$

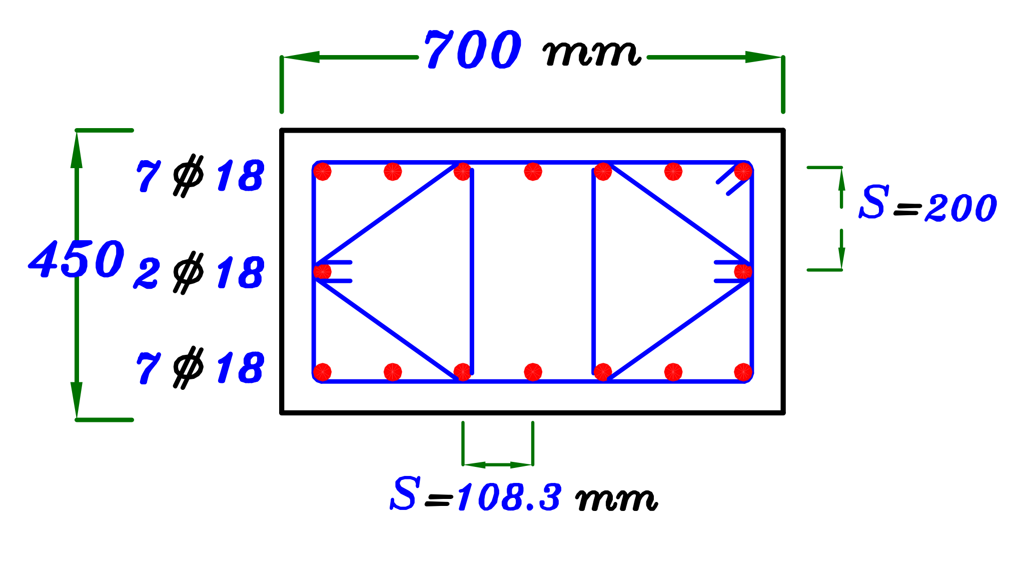
$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35(315000)(25) + 0.67 \ A_s \ (360)$

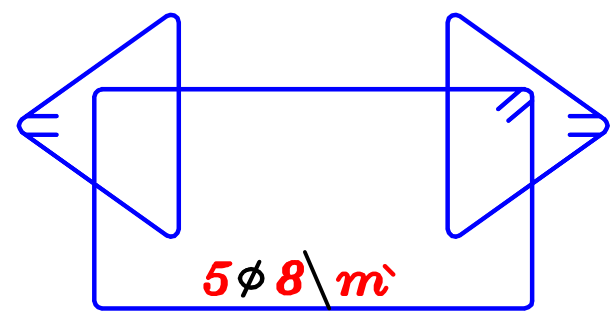
$\therefore A_s = 3912.7 \ mm^2$

$\therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{3912.7}{315000} = 0.0124 = 1.24 \ \%$

$\therefore \mu_{min} < \mu < \mu_{max}$

$\therefore$ Take A_s as it is $\longrightarrow A_s = 3912.7 \ mm^2$ **16 ϕ 18**





* For Column. (450 * 400)

$$A_c = 450 * 400 = 180000\ mm^2$$

$$\because P_{U.L.} = 0.35\ A_c\ F_{cu} + 0.67\ A_s\ F_y$$

$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35\ (180000)\ (25) + 0.67\ A_s\ (360)$$

$$\therefore A_s = 8810.1\ mm^2 \quad \therefore \mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{8810.1}{180000} = 0.0489 = 4.89\ \%$$

$$\therefore \mu > \mu_{max} \quad \therefore \text{Take } \mu = \mu_{max} = 4.0\ \% \quad \therefore A_s = \mu_{max} * A_{c_{new}} = \frac{4.0}{100} * A_{c_{new}}$$

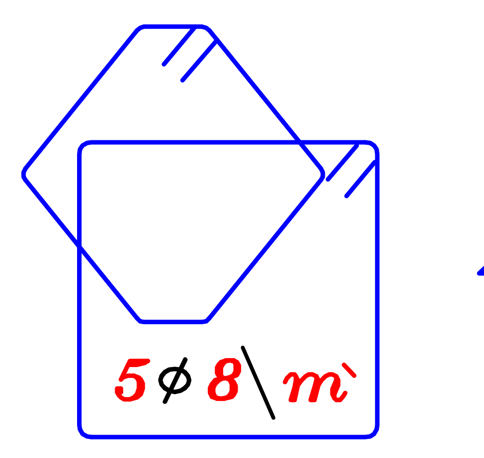
$$\therefore P_{U.L.} = 0.35\ A_{c_{new}}\ F_{cu} + 0.67\ \left(\frac{4.0}{100}\right) * A_{c_{new}}\ F_y$$

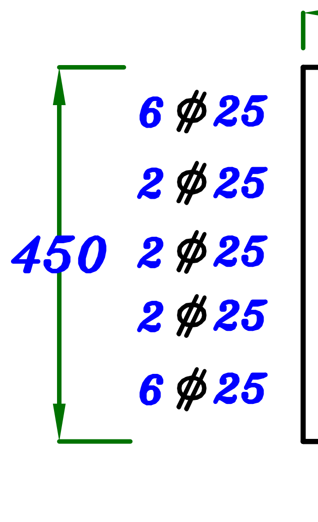
$$\therefore 3700 * 10^3 = 0.35\ (A_{c_{new}})\ (25) + 0.67\ \left(\frac{4.0}{100}\right) * A_{c_{new}} (360)$$

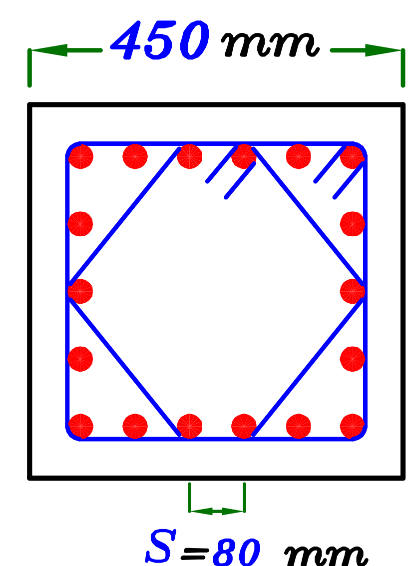
$$\therefore A_{c_{new}} = 201108.8\ mm^2 \longrightarrow (450 * 450)$$

$$A_s = \frac{4.0}{100} * 201108.8 = 8044.35\ mm^2$$

18 ϕ 25







Example.

Given : F_{cu} , F_y , A_c , A_s

Req : Get the allowable axial load For the column.

Solution :

بالتعويض المباشر فى المعادله

$$P_{U.L.} = 0.35\ A_c\ F_{cu} + 0.67\ A_s\ F_y \xrightarrow{Get} P_{U.L.}$$

Example.

Data. $F_{cu} = 30\ N\backslash mm^2$, st. 360/520

$A_c = (300 * 700)$, $A_s = (24 \phi 16)$, $P_{D.L.} = 1800\ kN$

Req. Calculate $P_{L.L.}$

Solution.

$A_c = 300 * 700 = 210000\ mm^2$, $A_s = 24 \phi 16 = 4825\ mm^2$

$$\because P_{U.L.} = 0.35\ A_c\ F_{cu} + 0.67\ A_s\ F_y$$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35\ (210000)\ (30) + 0.67\ (4825)\ (360)$$

$$P_{U.L.} = 3368790\ N = 3368.79\ kN$$

$$\because P_{U.L.} = 1.4\ (P_{D.L.}) + 1.6\ (P_{L.L.})$$

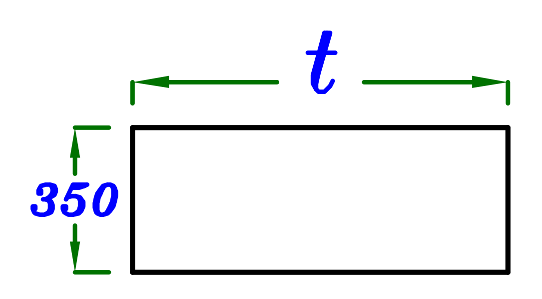
$$\therefore 3368.79 = 1.4\ (1800) + 1.6\ (P_{L.L.})$$

$$\therefore \boxed{P_{L.L.} = 530.5\ kN}$$

Example.

Design a reinforced concrete Interior column subjected to Compressive Force of 2000 kN

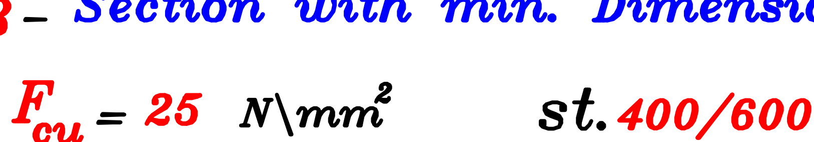
Given the Following Criteria :



1 – Economic Section.

2 – Section with min. RFT.

3 – Section with min. Dimensions.



Solution.

$$P_{U.L.} = 2000 * 1.5 = 3000 \text{ kN}$$

1 – Economic Section.

Take $\mu = 1.0\,\% \longrightarrow A_s = \left(\frac{1}{100}\right) A_c$

$$\because P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

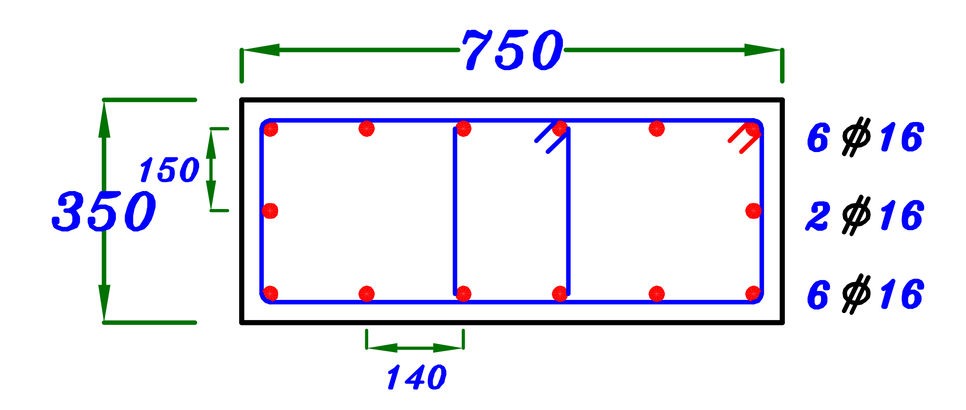
$$\therefore 3000 * 10^3 = 0.35\,(A_c)(25) + 0.67\left[\left(\frac{1}{100}\right) A_c\right](400)$$

$$\longrightarrow A_c = 262467.19 \text{ mm}^2 \qquad \because \boxed{b = 350 \text{ mm}}$$

$$\therefore t = \frac{A_c}{b} = \frac{262467.19}{350} = 749.9 \text{ mm} \quad \text{Take} \quad \boxed{t = 750 \text{ mm}}$$

$$A_s = \left(\frac{1}{100}\right) A_c = \left(\frac{1}{100}\right)(262467.19) = 2624.6 \text{ mm}^2$$





2- Sec. with min. RFT.

Take $\mu = 0.8\ \% \longrightarrow A_s = \left(\frac{0.8}{100}\right) A_c$

$\because P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$

$\therefore 3000 * 10^3 = 0.35 (A_c)(25) + 0.67 \left[\left(\frac{0.8}{100}\right) A_c\right] (400)$

$\longrightarrow A_c = 275380.9\ mm^2$

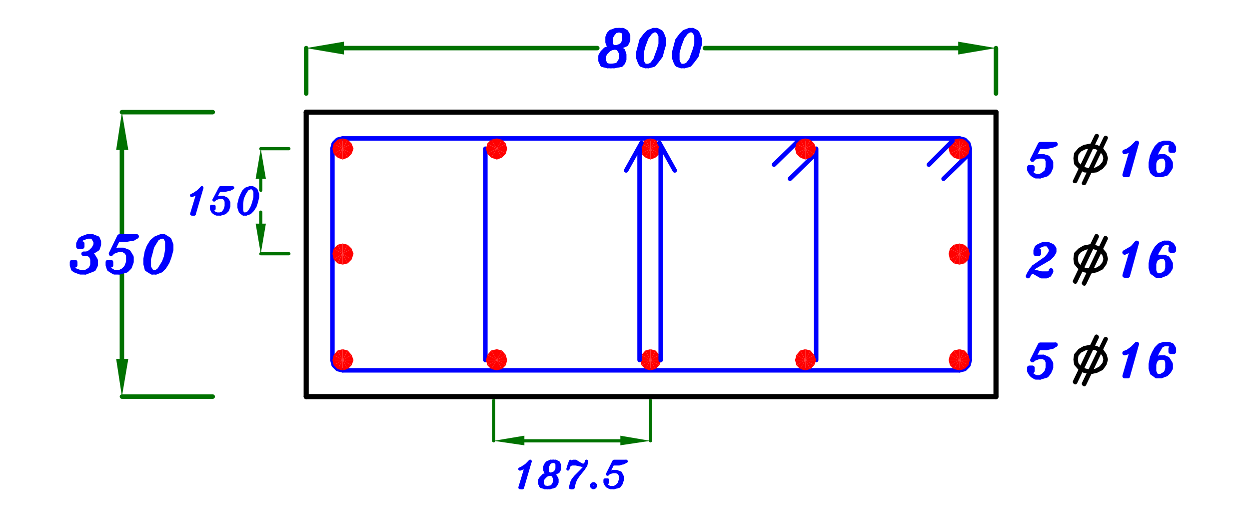
$\because$ **$b = 350\ mm$**

$\therefore t = \frac{A_c}{b} = \frac{275380.9}{350} = 786.8\ mm$

$\therefore$ Take **$t = 800\ mm$**

$A_s = \left(\frac{0.8}{100}\right) A_c = \left(\frac{0.8}{100}\right) (275380.9) = 2203.0\ mm^2$





3- Sec. with min. Dimensions.

Take $\mu = 4.0\ \%$ $\longrightarrow$ $A_s = \left(\frac{4.0}{100}\right) A_c$

$\because\ P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$

$\therefore\ 3000 * 10^3 = 0.35\ (A_c)(25) + 0.67 \left[\left(\frac{4.0}{100}\right) A_c\right] (400)$

$\longrightarrow\ A_c = 154083.2\ mm^2$

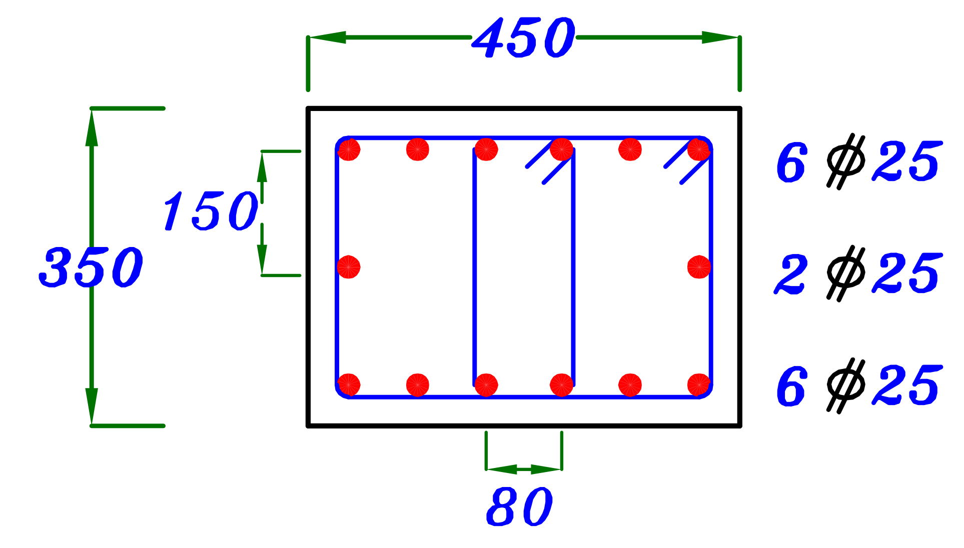
$\because$ $b = 350\ mm$

$\therefore\ t = \frac{A_c}{b} = \frac{154083.2}{350} = 440.23\ mm$

Take $t = 450\ mm$

$A_s = \left(\frac{4.0}{100}\right) A_c = \left(\frac{4.0}{100}\right)(154083.2) = 6163.32\ mm^2$

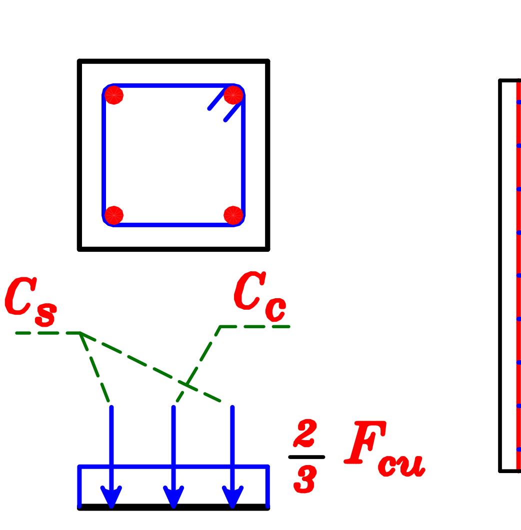


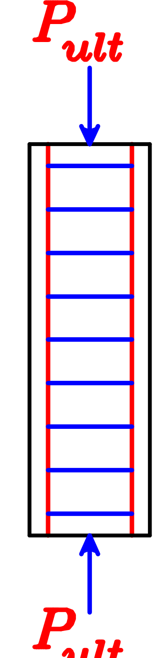


Ultimate Load of column. (P_{ult})

Load will be ultimate when sterss on concrete is $\frac{2}{3} F_{cu}$

and stress on steel is F_y





$$P_{ult} = C_c + C_s$$

$$C_c = \frac{2}{3} F_{cu} A_c$$

$$C_s = F_y A_s$$

$$P_{ult} = \frac{2}{3} F_{cu} A_c + F_y A_s$$

Example.

Fined P_{ult} For the column.

250

$4 \phi 16$

250

$F_{cu} = 30 \; N \backslash mm^2$

$$A_c = 250 * 250 = 62500 \; mm^2$$

$$A_s = 4 \phi 16 = 804 \; mm^2$$

$$P_{ult} = \frac{2}{3} F_{cu} A_c + F_y A_s$$

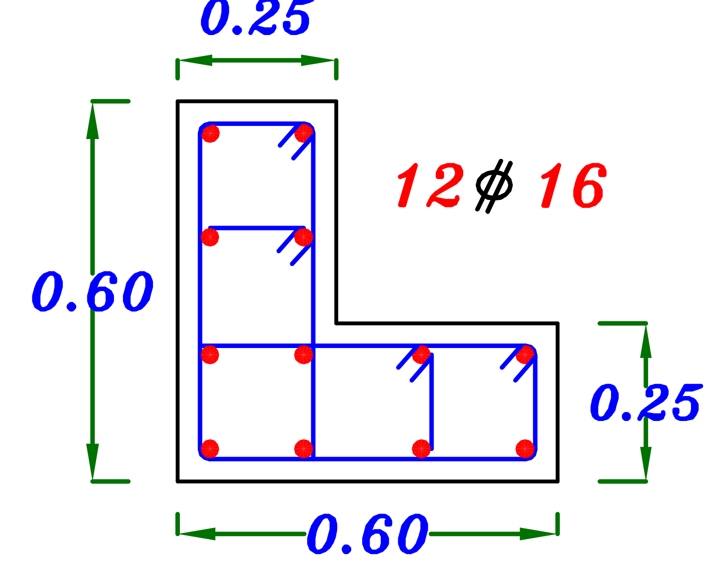
$$P_{ult} = \frac{2}{3} * 30 * 62500 + 360 * 804 = 1539440 \; N$$

$$1539.44 \; kN$$

Example.

Data. $F_{cu} = 25$ N\mm^2

st. 360/250



Req.

① Find the Working , Ultimate Limit & Failure Loads For the Sec. of axially loaded column.

② Calculate Factor of safety For Loads, Materials & Total Factor of safety.

Solution.

$A_c = 250 * 600 + 250 * 350 = 237500$ mm^2

$A_s = 12\phi 16 = 2412$ mm^2

P_w

$F_{cu} = 25$ N\mm^2 ⟶ $F_{co} = 6.0$ N\mm^2 Code page (5–2)

$$P_w = A_c F_{co} + 0.44 A_s F_y$$

$= 237500 (6.0) + 0.44 (2412)(360) = 1807060.8$ N

$$P_w = 1807.0 \text{ kN}$$

$P_{U.L.}$

$$P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$= 0.35 (237500)(25) + 0.67 (2412)(360) = 2659890$ N

$$P_{U.L.} = 2660 \text{ kN}$$

P_{ult}

$$P_{ult} = \frac{2}{3} F_{cu} A_c + F_y A_s$$

$$= \frac{2}{3}(25)(237500) + (360)(2412) = 4826653 \text{ N}$$

$$P_{ult} = 4826.65 \text{ kN}$$

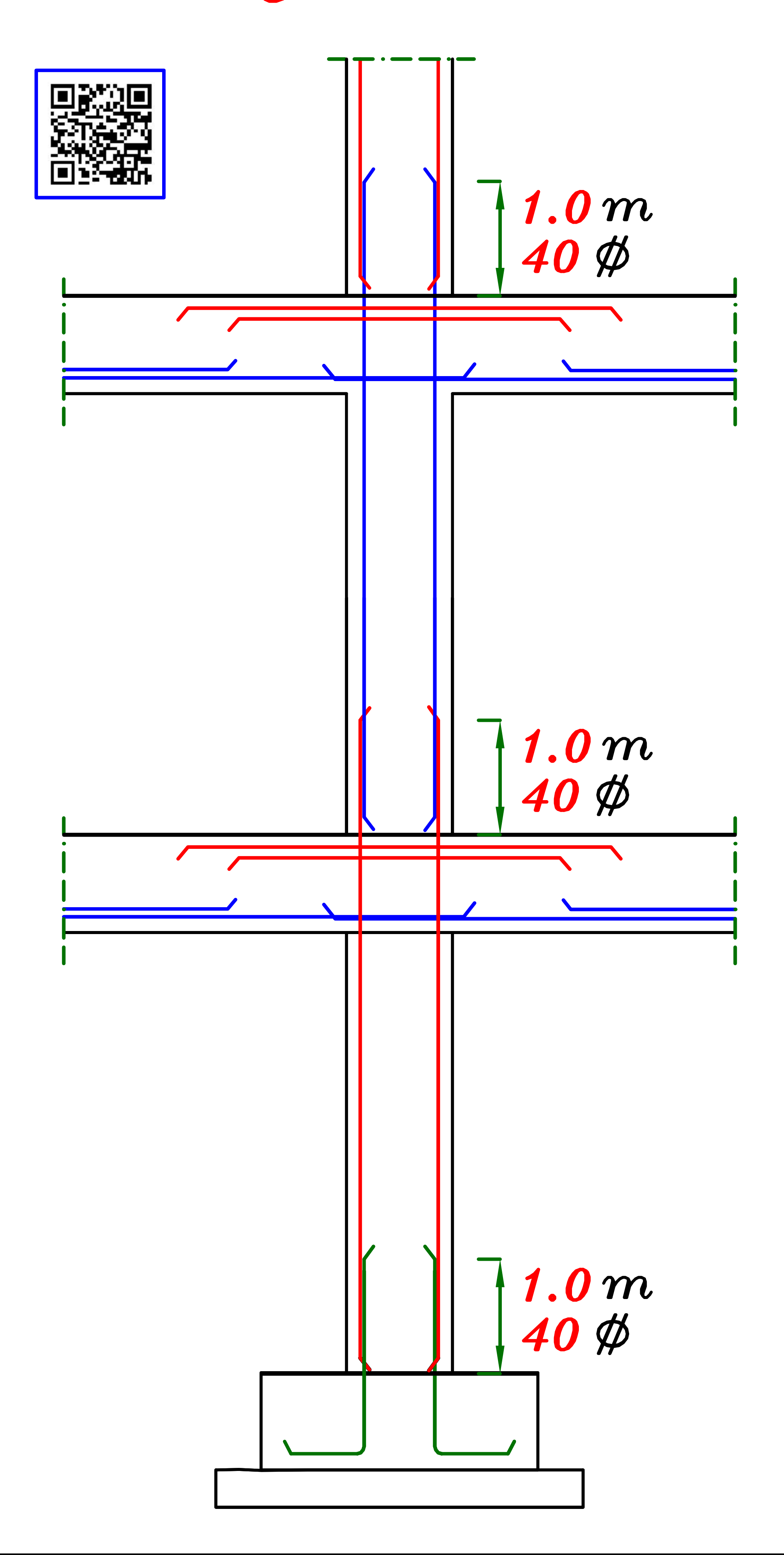
F.O.S.

$$F.O.S.(Loads) = \frac{P_{U.L.}}{P_w} = \frac{2660}{1807.0} = 1.472$$

$$F.O.S.(Material) = \frac{P_{ult}}{P_{U.L.}} = \frac{4826.65}{2660} = 1.814$$

$$Total\ F.O.S. = \frac{P_{ult}}{P_w} = \frac{4826.65}{1807.0} = 2.671$$

لربط اعمده الادوار العليا بالادوار السلفى نحتاج لعمل أشاير لحديد التسليح



ملحوظات على تغيير أبعاد الأعمده و وصلات الأشاير.



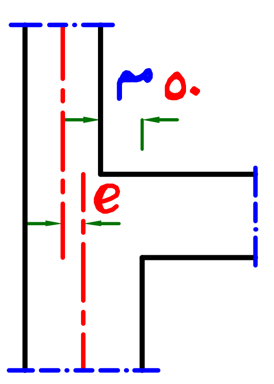
① نعمل تصميم لقطاع العمود كل طابقين.

② نعمل تصميم للأعمده السفليه أولاً (التى تحمل أحمال أكبر).

③ أكبر مسافه ممكن أن ينقصها عرض العمود فى الدور الواحد من كل جهه هى ٥٠ مم و ذلك حتى لا يكون هناك تغير مفاجئ كبير فى *Stiffness* العمود

٥٠ مم ٥٠ مم

(عملياً لا نقلل أكثر من ٢٥ مم من كل جهه فى الدور الواحد)



④ اذا كان عرض العمود سينقص من اتجاه واحد فقط (مثل اعمده الواجهه) ستكون اكبر مسافه ممكن ان ينقصها عرض العمود فى الدور الواحد هى ٥٠ مم و هذا حتى لا يكون هناك *Eccentricity* (e) كبيره على العمود و إلا إضطررنا أن نصمم العمود على *M* , *P*.

يفضل عملياً ان نقلل من ابعاد العمود كل دورين و ليس كل دور.

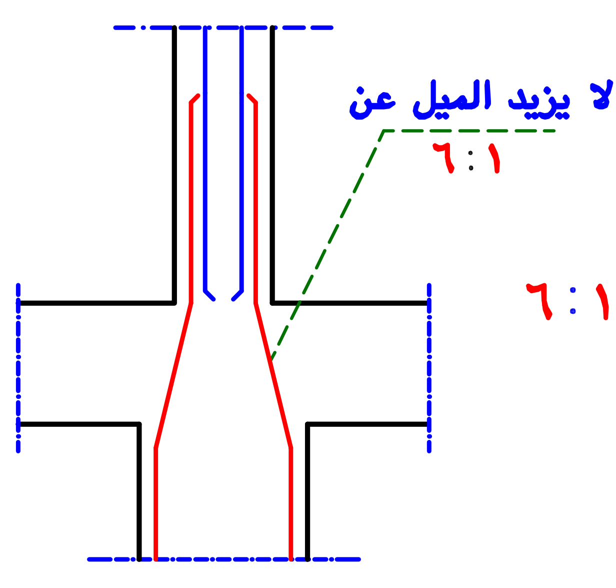
⑤ طول أشاير الأعمده = الأكبر من $\begin{cases} L_d = 40\,\phi \\ 1.0\ m \end{cases}$

حديد الدور العلوى

أشاير العمود

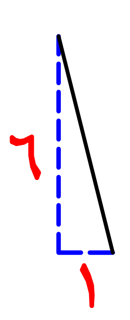
الأكبر $\begin{cases} 40\,\phi \\ 1.0\ m \end{cases}$

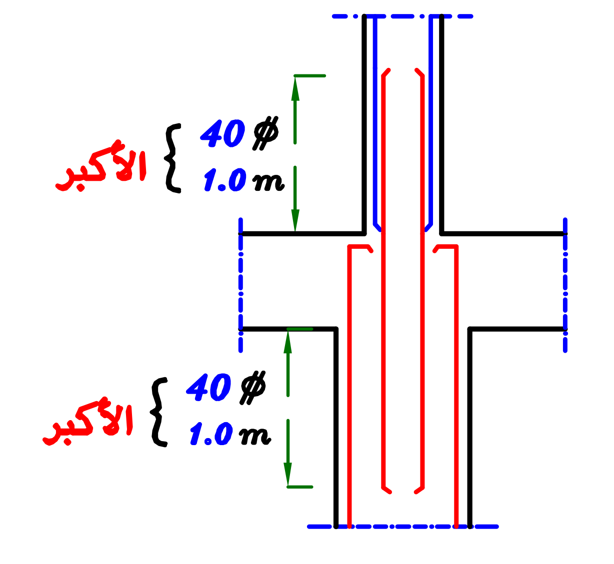
حديد الدور السفلى



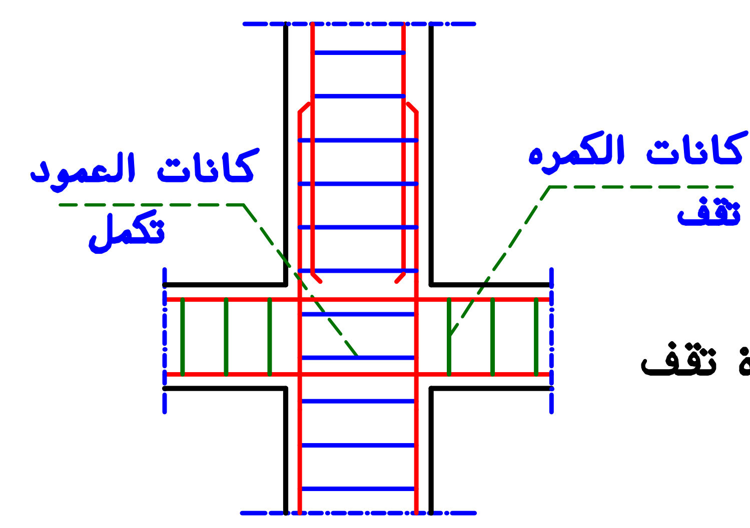
⑥ يجب أن لا يزيد ميل أسياخ الحديد عن ١ : ٦

١ أفقى الى ٦ رأسى



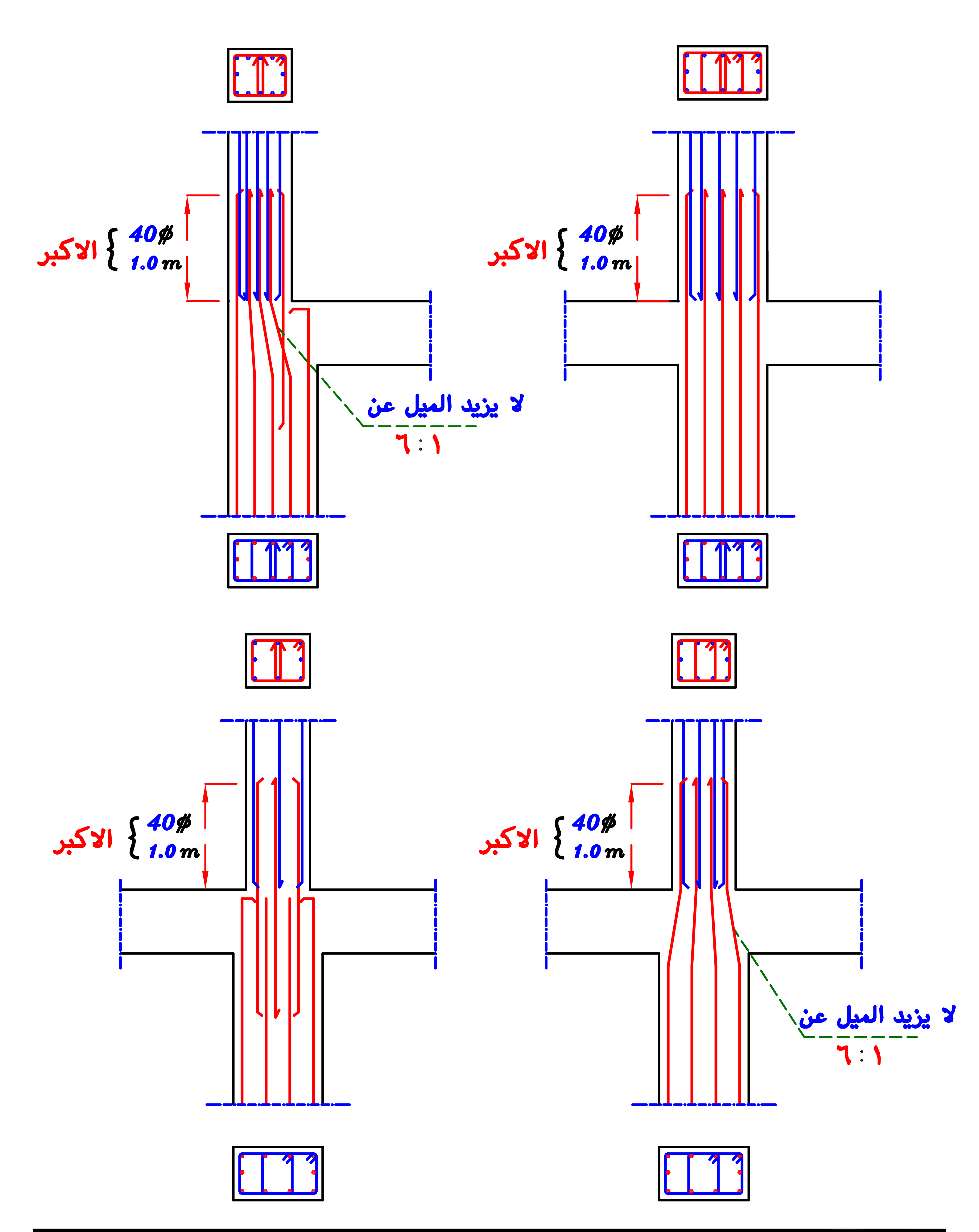


⑦ إذا زاد ميل أسياخ الحديد عن ١ : ٦
يجب أن نوقف أسياخ الحديد السفلى و نعمل
أشاير للعمود كما هو موضح بالشكل .

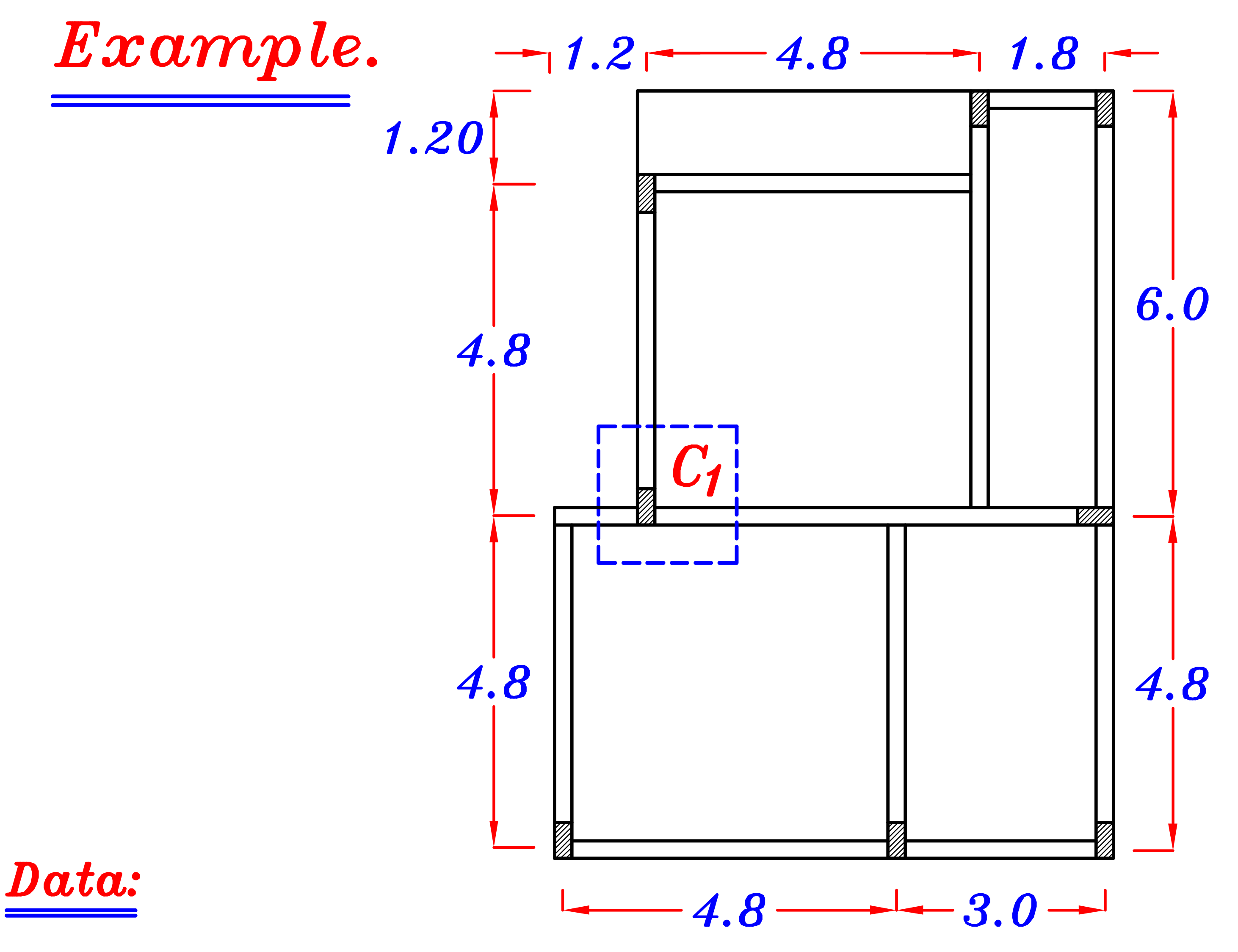


⑧ فى منطقه تقاطع العمود و الكمره
كانات العمود تكمل و كانات الكمرة تقف

The Connection between the column & the beam.



Example.



Data:

The given Figure shows the structural plan For a residential building which consists of ground Floor & three typical Floors.

Height of each Floor = 2.85 m

All beams (250 * 700)

t_s = 120 mm

Average weight of Floor cover + walls = 5.0 kN\m²

Live Load = 4.0 kN\m²

F_{cu} = 25 N\mm² st. 360/520

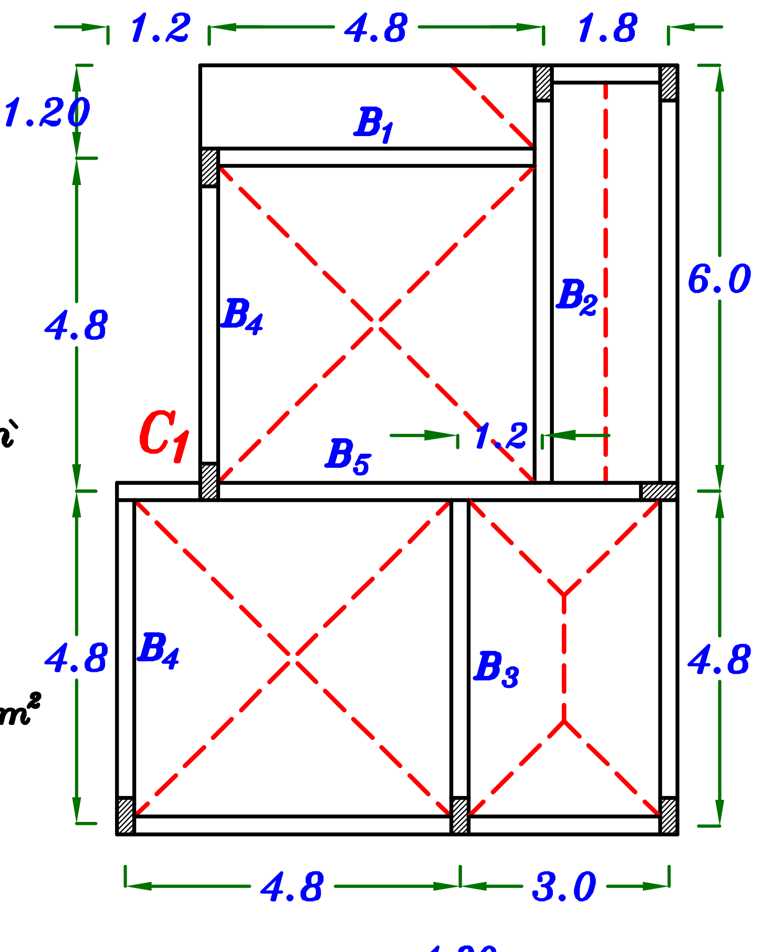
Req.

It is required to design the column C_1

and draw its details of reinforcement in elevation (*Scale 1:25*) *and Cross-Sections* (*Scale 1:10*)

o.w. of Beams. $= b\ t\ \gamma_c$

$= (0.25)(0.7)(25) = 4.375$ kN\m`



$\underline{w_s}$

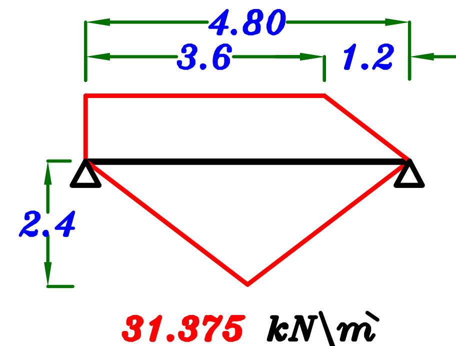
$w_s = t_s * \gamma_c + F.C. + L.L.$

$w_s = 0.12 * 25 + 5.0 + 4.0 = 12.0$ kN\m²

$$w_s = 12.0 \text{ kN\m}^2$$

B_1

$$\frac{\sum area}{span} = \frac{\left(\frac{3.6+4.8}{2.0}\right)(1.2)}{4.80} = 1.05$$

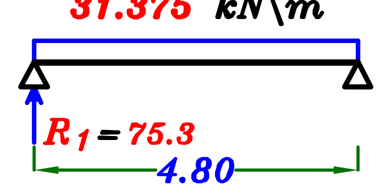


$$w_a = o.w. + \frac{\sum area}{span} * w_s + C_a\, w_s \frac{L_s}{2}$$

$= 4.375 + (1.05)(12.0) + (0.5)(12.0)\left(\frac{4.8}{2}\right)$

$= 31.375$ kN\m`

$$R_1 = 75.3 \text{ kN}$$



B_2

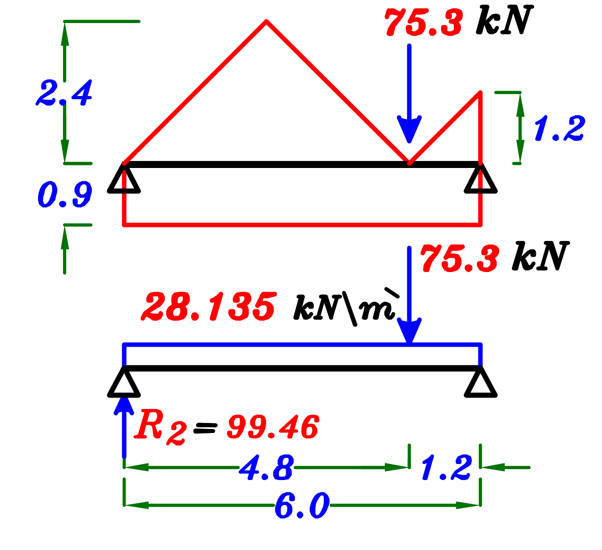
$$\frac{\sum area}{span} = \frac{\frac{1}{2}(4.8)(2.4) + \frac{1}{2}(1.2)(1.2)}{6.0} = 1.08$$

$$w_a = o.w. + \frac{\sum area}{span} * w_s + w_s \frac{L_s}{2}$$

$= 4.375 + (1.08)(12.0) + (12.0)\left(\frac{1.8}{2}\right)$

$= 28.135$ kN\m`

$$R_2 = 99.46 \text{ kN}$$





For Triangle $C_a = \frac{1}{2}$

For Trapezoid $C_a = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{L_s}{L}\right) = 1 - \frac{1}{2}\left(\frac{3.0}{4.8}\right) = 0.6875$

4.80

31.15 kN\m`

$R_3 = 74.76$

4.80

$$w_a = o.w. + C_a\, w_s\, \frac{L_s}{2} + C_a\, w_s\, \frac{L_s}{2}$$

$$= 4.375 + (0.5)(12.0)\left(\frac{4.8}{2}\right) + (0.6875)(12.0)\left(\frac{3.0}{2}\right)$$

$$= 31.15 \quad kN\backslash m`$$

$$R_3 = 74.76\ kN$$

B_4

$$w_a = o.w. + C_a\, w_s\, \frac{L_s}{2} = 4.375 + (0.5)(12.0)\left(\frac{4.8}{2}\right)$$

$$= 18.775\ kN\backslash m`$$

$$R_4 = 45.06\ kN$$

4.80

18.775 kN\m`

$R_4 = 45.06$

4.80

B_5

$$\frac{\sum area}{span} = \frac{\frac{1}{2}(4.8)(2.4) + \left[\frac{1}{2}(4.8)(2.4) - \frac{1}{2}(1.2)(1.2)\right] + \frac{1}{2}(3.0)(1.5)}{6.60} = 1.977$$

1.2 | 3.6 | 1.2 | 1.8

R_4 R_3 R_2

1.2 | 6.6

$$w_1 = o.w. + \frac{\sum area}{span} * w_s$$

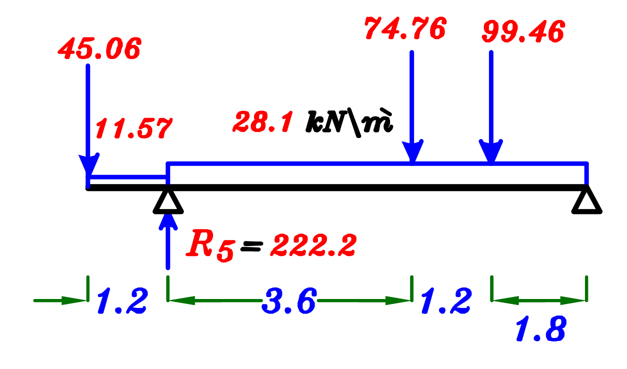
$$= 4.375 + (1.977)(12.0) = 28.1\ kN\backslash m`$$

$$w_2 = o.w. + C_a\, w_s\, L_c$$

$$= 4.375 + (0.5)(12.0)(1.20)$$

$$= 11.57 \quad kN\backslash m`$$

$$R_5 = 222.2\ kN$$



Take o.w. (Column) = 10 % of the load From one Floor

$$= \frac{R_4 + R_5}{10} = \frac{45.06 + 222.2}{10} = 26.7 \text{ kN}$$

$\therefore$ Load on the Column (C_1) From one Floor

$$= R_4 + R_5 + o.w.(Column)$$

$$= 45.06 + 222.2 + 26.7$$

$$= 293.96 \text{ kN}$$

نعمل تصميم لقطاع العمود كل طابقين

و نعمل تصميم للأعمده السفليه أولاً (التى تحمل أحمال أكبر)

Sec. ①

$$P = 293.96 * 4.0 = 1175.84 \text{ kN}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 1175.84 * 1.5 = 1763.76 \text{ kN}$$

$$\therefore P_{U.L.} = 0.35 A_c F_{cu} + 0.67 A_s F_y$$

$\longrightarrow$ Take $\mu = 1.0\ \%$ $\longrightarrow$ $A_s = \frac{A_c}{100}$

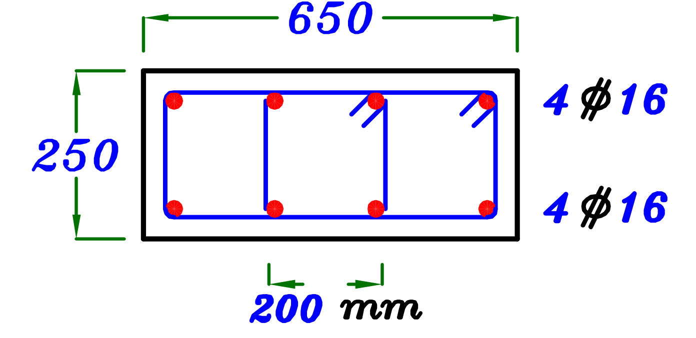
$$\therefore 1763.76 * 10^3 = 0.35 (A_c)(25) + 0.67 \left(\frac{A_c}{100}\right)(360)$$

$\longrightarrow A_c = 158014.69 \text{ mm}^2$ Take **$b = 250$ mm**

$\therefore t = \frac{A_c}{b} = \frac{158014.69}{250} = 632.06$ mm Take **$t = 650$ mm**

$$A_s = \frac{158014.69}{100} = 1580.14 \text{ mm}^2$$





Sec. ②

لا نستطيع أن نقلل عرض العمود من جهة واحده كل دورين أكثر من ١٠٠ مم

∴ Take the Sec. (250 * 550)

∴ $A_c = 250 * 550 = 137500 \ mm^2$

$P = 293.96 * 2.0 = 587.92 \ kN$ ------- دورين فقط

∴ $P_{U.L.} = 587.92 * 1.5 = 881.88 \ kN$

∵ $P_{U.L.} = 0.35 \ A_c \ F_{cu} + 0.67 \ A_s \ F_y$

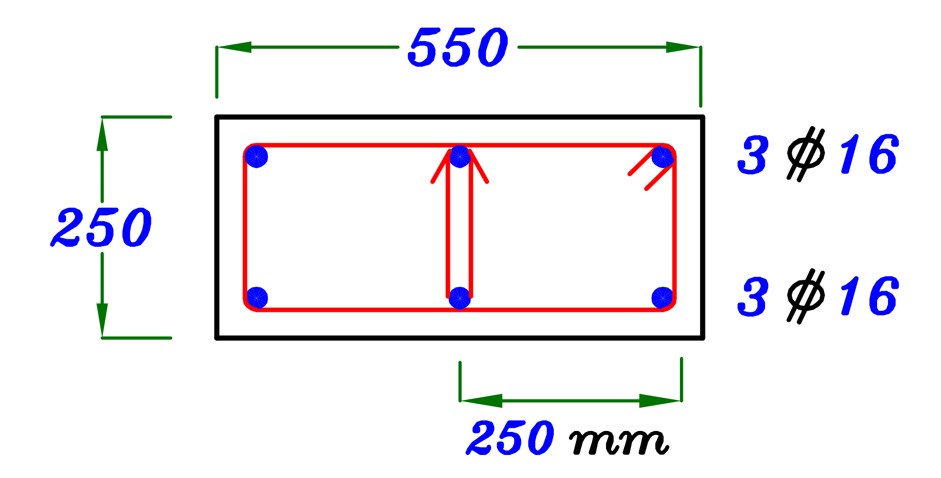
∴ $881.88 * 10^3 = 0.35 \ (137500) \ (25) + 0.67 \ A_s \ (360)$

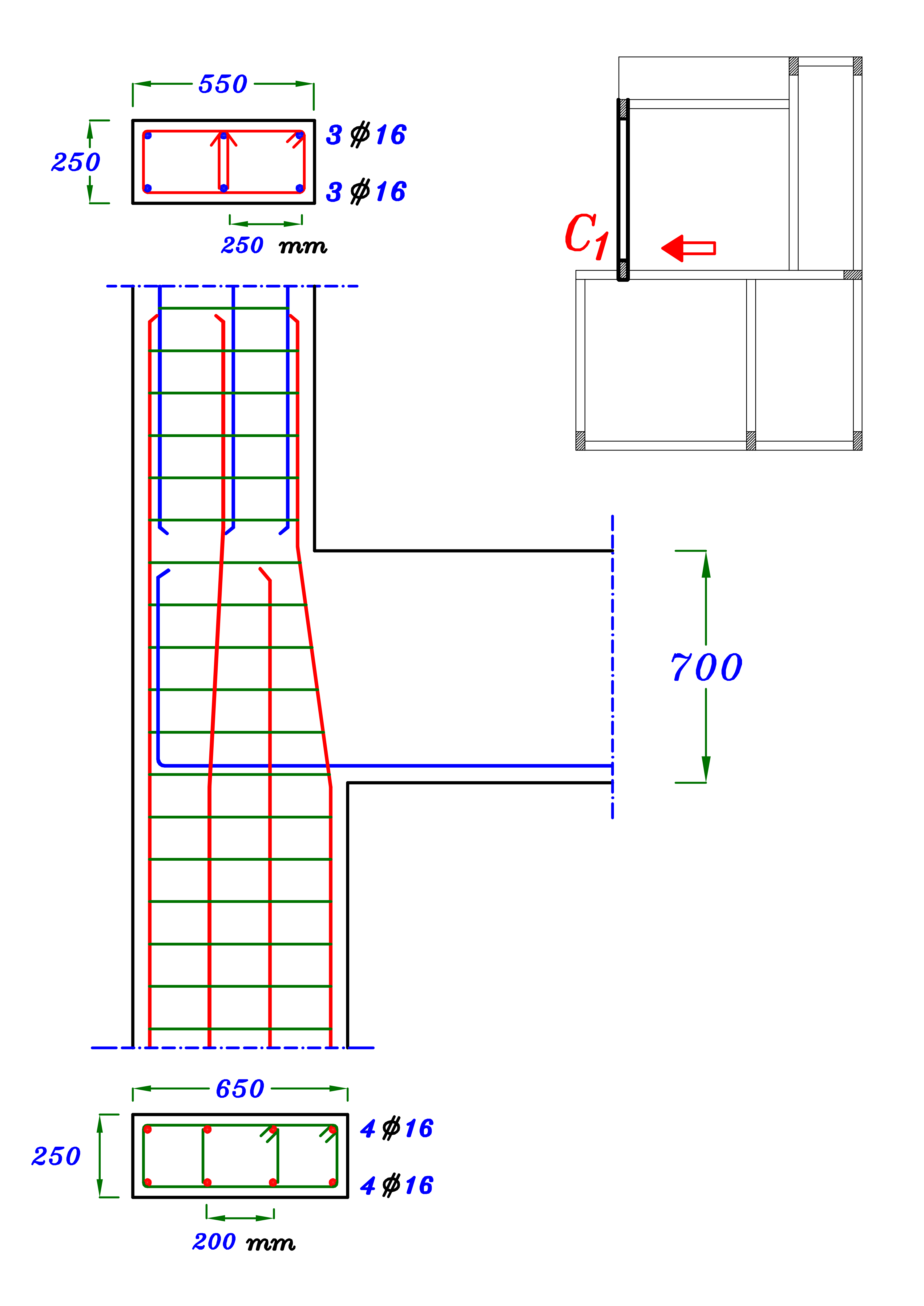
∴ $A_s = -1331.86 \ mm^2$

∴ $\mu = \frac{A_s}{A_c} = \frac{-1331.86}{137500} = -0.0096 = -0.96 \ \% < 0.6 \ \%$

∴ Take $\mu = 0.8 \ \% \longrightarrow A_s = \frac{0.8}{100} * 137500 = 1100 \ mm^2$

6 ϕ 16

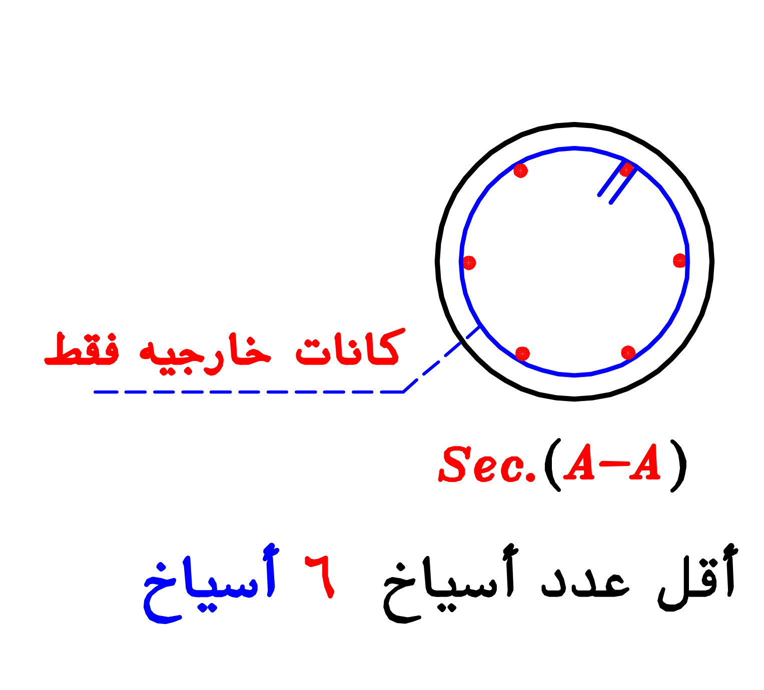



550
250
3 ϕ16
3 ϕ16
250 mm
C1
700
650
250
4 ϕ16
4 ϕ16
200 mm

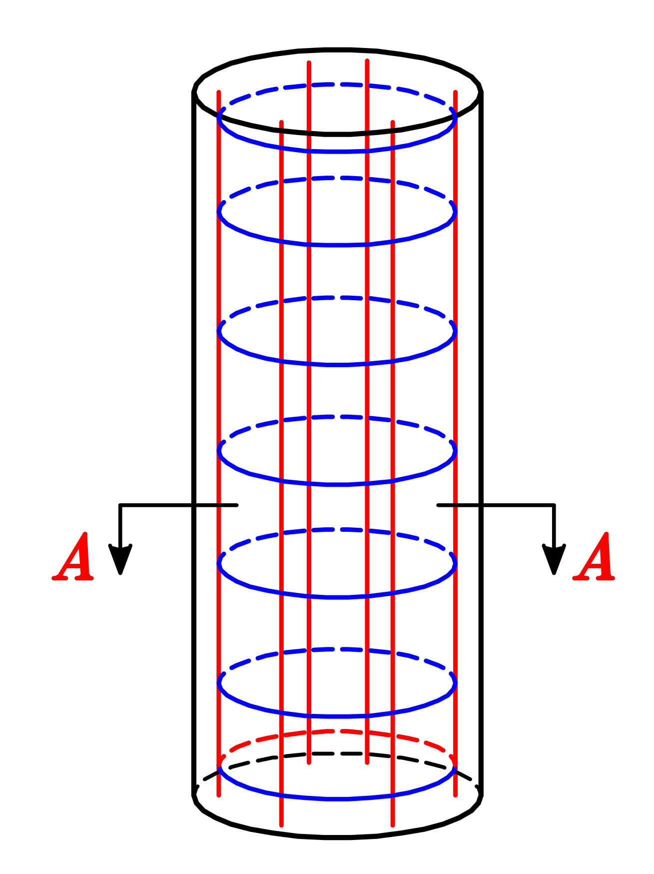


① *Circular column with tied stirrups.*

عمود دائرى ذو كانات دائريه منفصله



أقل عدد أسياخ ٦ أسياخ



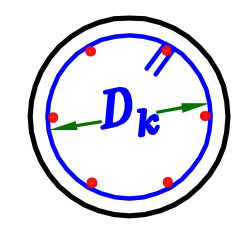
$$P_{U.L.} = 0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y$$

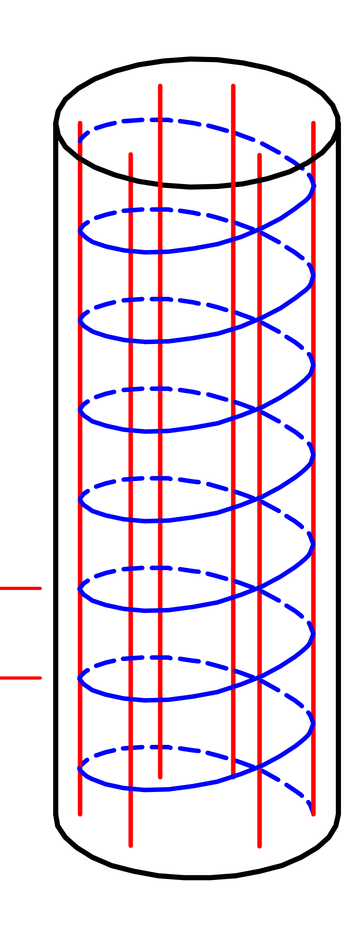
② Spiral Column. عمود دائرى ذو كانات حلزونيه

Cover = 30 mm

A_k مساحة قلب القطاع الخرسانى المحدد بدائره الكانه الحلزونيه

$$A_k = \frac{\pi D_k^2}{4}$$





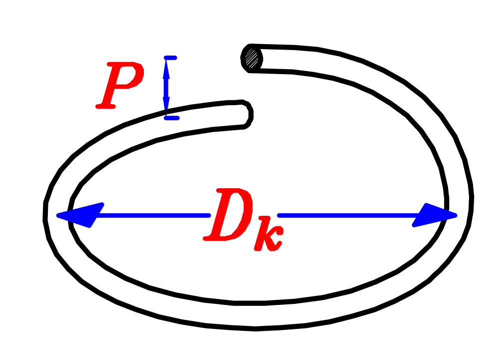
P المسافه الرأسيه بين كل دوره و أخرى (خطوه الكانه)

$P = (30\ mm \longrightarrow 80\ mm)$

V_{sp} نسبه حجم الكانه الحلزونيه فى الدوره الواحده الى الخطوه الواحده .

$$V_{sp} = \frac{\text{حجم الكانه فى الدوره الواحده}}{\text{الخطوه الواحده}} = \frac{A_{sp} * \pi D_k}{P}$$

A_{sp} مساحه مقطع الكانه الحلزونيه



لتصميم **Spiral Column** عاده نستخدم قانون

$$P_{U.L.} = 0.35\, A_k\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y + 1.38\, V_{sp}\, F_{yp}$$

F_{yp} لحديد الكانه

$$F_{yp} = 360\ N\backslash mm^2$$

F_y للحديد الرئيسى

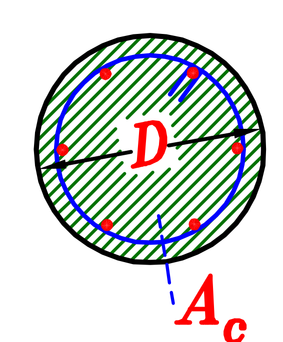
$0.35\, A_k\, F_{cu}$ هى مقدار القوه العموديه التى تتحملها الخرسانه بمفردها

$0.67\, A_s\, F_y$ هى مقدار القوه العموديه التى يتحملها حديد التسليح بمفرده

$1.38\, V_{sp}\, F_{yp}$ هى مقدار القوه العموديه التى تتحملها الكانه الحلزونيه بمفردها

أو ممكن للتسهيل تصميم الـ **Spiral Column** باستخدام قانون

$$P_{U.L.} = 1.14\, (0.35\, A_c\, F_{cu} + 0.67\, A_s\, F_y)$$



$$A_{s\,min} = \text{الاكبر} \begin{cases} \frac{1.0}{100} * A_c \\ \frac{1.2}{100} * A_k \end{cases}$$

عاده تؤخذ

$$A_{s\,min} = \frac{1.0}{100} * A_c$$

$$\mu_{sp} = \frac{V_{sp}}{A_k}$$

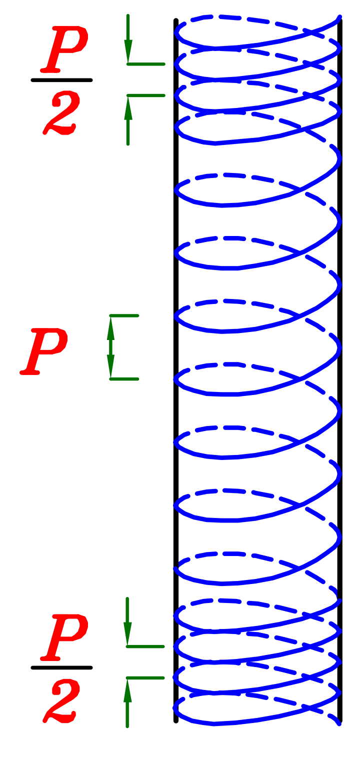
$$\mu_{sp} \geqslant 0.36 \left(\frac{F_{cu}}{F_{yp}}\right) \left[\left(\frac{A_c}{A_k} - 1\right) \right]$$

عاده يتم تكثيف الكانات الحلزونيه

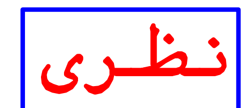
أعلى و أسفل العمود

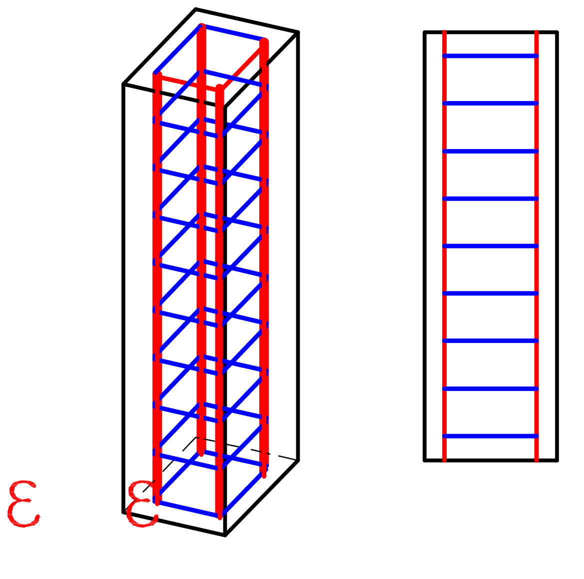
بحيث يكون فى أخر ٣ دورات

تكون المسافه الرأسيه بين اللفات تساوى $\frac{P}{2}$

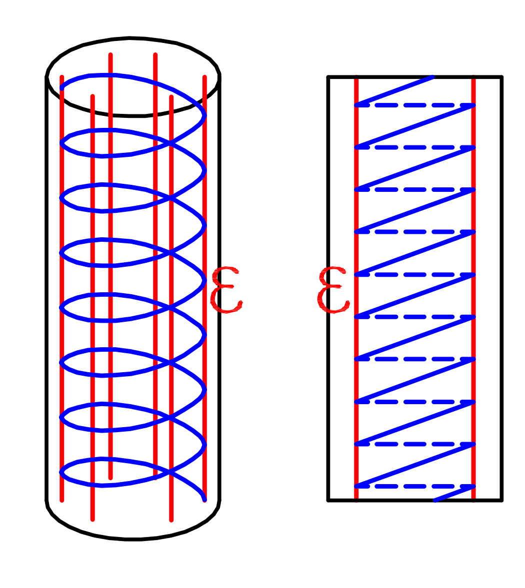


Type of stirrups.



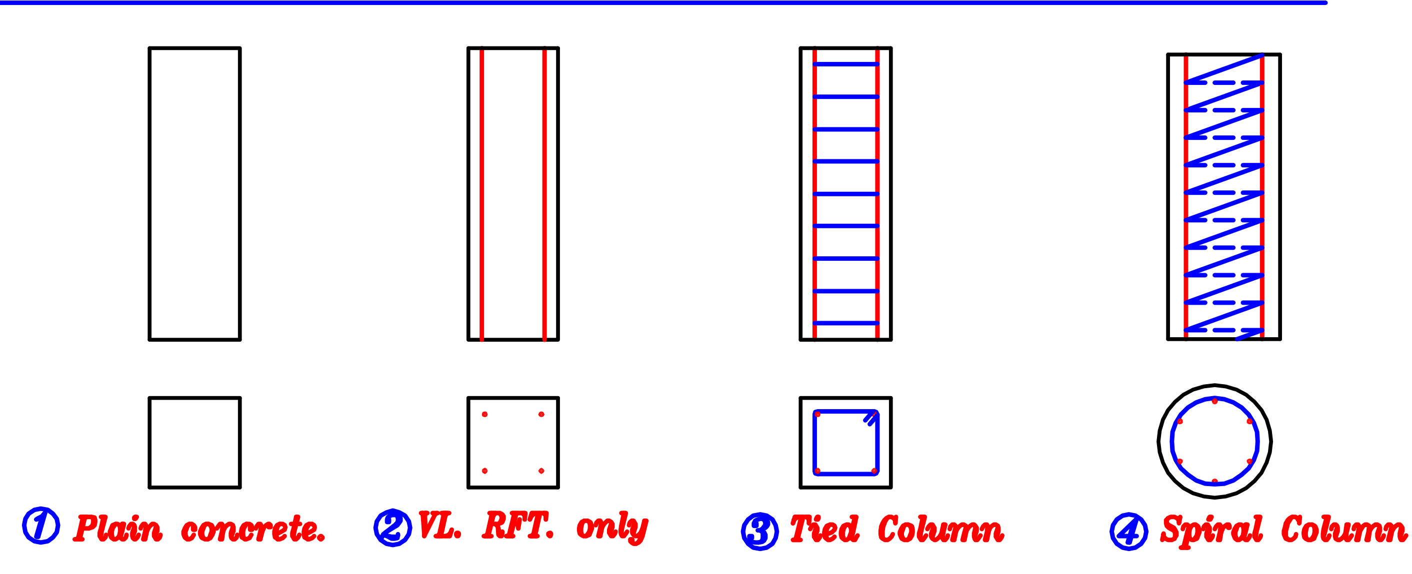


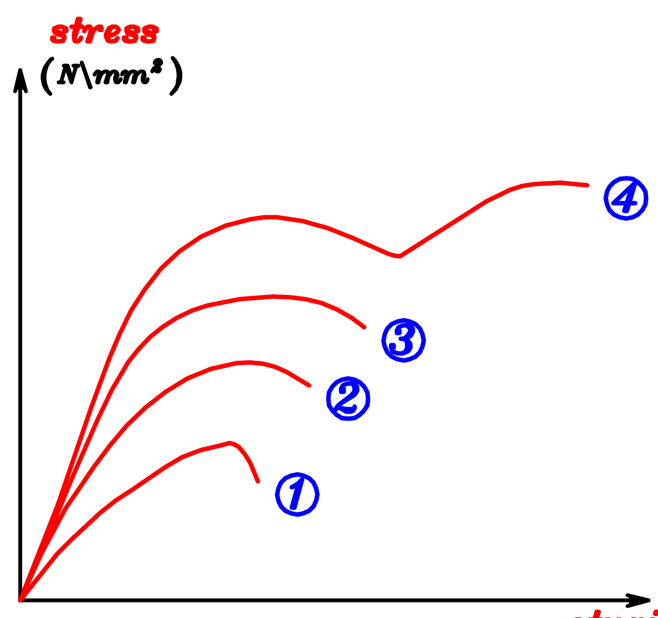
Tied Column.



Spiral Column.

The effect of VL. & HL. RFT. on Stress-Strain curve.

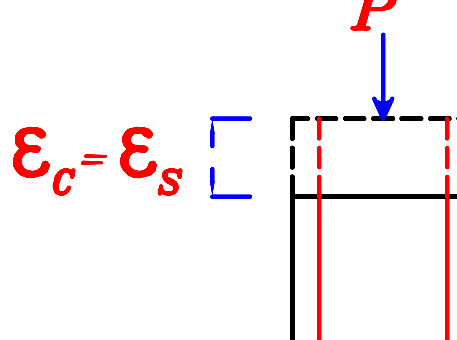




Stresses on Steel & Concrete in Columns



① Stresses due to Vertical Load.



$$\varepsilon_s = \varepsilon_c \longrightarrow \frac{F_s}{E_s} = \frac{F_c}{E_c}$$

$$\therefore \quad F_s = \left(\frac{E_s}{E_c}\right) F_c = n \; F_c \quad \text{——— ①}$$

$\because$ External Force = Internal Force.

$$P = C_c + C_s = F_c \, A_c + F_s \, A_s \quad \text{——— ②}$$

From ①, ②

$$P = F_c \, A_c + n \; F_c \, A_s = F_c \left(A_c + n \, A_s\right) = F_c \left(A_v\right)$$

$$F_c = \frac{P}{A_v}$$

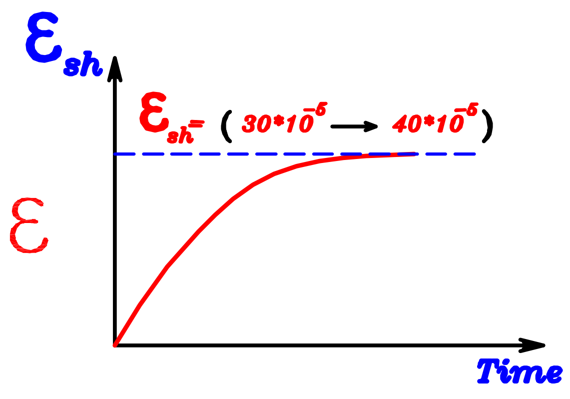
Compression

$$F_s = n \, F_c = n * \frac{P}{A_v}$$

Compression

② Stresses due to Shrinkage of concrete.

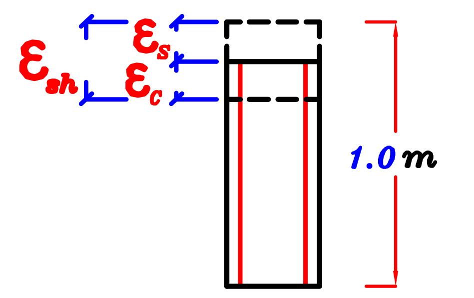
*In case of shrinkage, the volume of concrete decrease due to evaporation of water so certain deformation is happened, but the presence of vertical steel reduce that value of deformation. This results in causing **Compressive** stress in steel and **Tensile** stress in concrete.*



ε_{sh} = Strain of concrete without R.F.T.

$= (30*10^{-6} \longrightarrow 40*10^{-6})$

$1.0\ m \longrightarrow 99.7\ cm.$



= ε_{sh} 1.0 m + 1.0 m

Concrete & Steel — Concrete only — Steel only

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_c + \varepsilon_s \qquad \varepsilon_{sh} = (30*10^{-6} \longrightarrow 40*10^{-6})$$

$$\varepsilon_{sh} = \varepsilon_c + \varepsilon_s = \frac{F_s}{E_s} + \frac{F_c}{E_c}$$

but, $n = \dfrac{E_s}{E_c} \longrightarrow E_c = \dfrac{E_s}{n}$ $\quad \therefore \varepsilon_{sh} = \dfrac{n F_c}{E_s} + \dfrac{F_s}{E_s}$ —— ①

$\because$ The column is unloaded $\quad \therefore \sum P = 0.0$

$\therefore C_c = C_s \longrightarrow F_c A_c = F_s A_s \longrightarrow F_s = \dfrac{A_c}{A_s} F_c$ —— ②

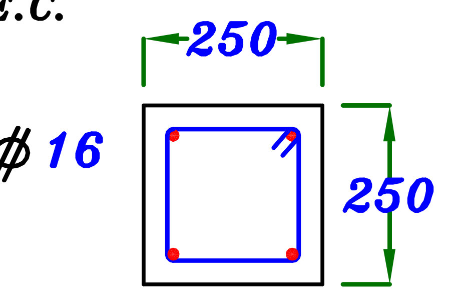
in eq. (1) $\longrightarrow$ $\varepsilon_{sh} = \dfrac{n F_c}{E_s} + \dfrac{A_c F_c}{E_s A_s} = \dfrac{n A_s F_c + A_c F_c}{E_s A_s} = \dfrac{F_c\ A_v}{E_s\ A_s}$

$$F_c = \frac{E_s\, \varepsilon_{sh}}{A_v} * A_s \qquad \text{Tension}$$

$$F_s = \frac{E_s\, \varepsilon_{sh}}{A_v} * A_c \qquad \text{Compression}$$

Example.

Find the stresses in Concrete & steel For the given Column. after long time (Taking Shrinkage into consideration)
Then comment your result according to N.E.C.



$F_{cu} = 25$ N\mm², st. 360/520

$P = 400$ kN, $n = 15$

$\varepsilon_{sh} = 40*10^{-5}$

$A_c = 250*250 = 62500 \ mm^2$

$A_s = 4\phi16 = 804 \ mm^2$

① Stresses due to Vertical Load.

$A_V = A_c + n A_s = 62500 + 15 * 804 = 74560 \ mm^2$

$F_c = \dfrac{P}{A_V} = \dfrac{400*10^3}{74560} = 5.364$ N\mm² Comp.

$F_s = n F_c = 15 * 5.364 = 80.47$ N\mm² Comp.

② Stresses due to Shrinkage.

$F_c = \dfrac{E_s \varepsilon_{sh}}{A_v} * A_s = \dfrac{2*10^5 * 40*10^{-5}}{74560} * 804 = 0.862$ N\mm² Ten.

$F_s = \dfrac{E_s \varepsilon_{sh}}{A_v} * A_c = \dfrac{2*10^5 * 40*10^{-5}}{74560} * 62500 = 67.06$ N\mm² Comp.

③ Stresses due to Load + Shrinkage.

$F_c = 5.364 - 0.862 = 4.503$ N\mm² Comp. $< F_{co} = 6.0$

$F_s = 80.47 + 67.06 = 147.53$ N\mm² Comp. $< F_s = 200$

$\because F_c < F_{co}$, $F_s < F_s$

$\therefore$ **The section is Safe.**